

# ПОЖАРОВЗРЫВО БЕЗОПАСНОСТЬ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ **6'2008**

**Границы зажигания потока  
аэрозвеси частиц алюминия  
в трубе с внезапным расширением**

**Комплексная оценка  
пожарной опасности материалов**

**Метод и программа расчета времени  
прогрева стальных конструкций**



**Современные огне-  
и дымозащитные преграды**

**Требования к защитным  
сооружениям гражданской обороны  
при пожарах**

**Изучение влияния технологических  
свойств порошковых составов  
на их огнетушащую способность**



# ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ

## ТОМ 17 ♦ №6 ♦ 2008

# FIRE & EXPLOSION SAFETY

Научно-технический журнал  
ООО "Издательство "Пожнаука"

The Journal of the Russian Association  
for Fire Safety Science ("Pozhnauka")

## СОДЕРЖАНИЕ

## CONTENTS

### НОВОСТИ, КОНФЕРЕНЦИИ, ВЫСТАВКИ

3

### NEWS, CONFERENCES, EXHIBITIONS

### ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ

### COMBUSTION PROCESSES

**Иванин С. В., Егоров А. Г., Старков Н. Н.**

Границы зажигания потока аэрозвеси частиц алюминия в трубе с внезапным расширением

9

**Ivanin S. V., Yegorov A. G., Starkov N. N.**

Ignition Limits of Aerosuspension Flow of Aluminium Fractions in the Duct with Sudden Broadening

### ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТЬ Веществ и материалов

### FIRE-AND-EXPLOSION HAZARD OF SUBSTANCES AND MATERIALS

**Коротков М. М., Изотова Т. Ф., Зуев А. В.,**

**Барбот'ко С. Л.** Влияние теплофизических свойств на пожаробезопасность термостойких полимеров на основе полисульфона

11

**Korotkov M. M., Izotova T. F., Zuev A. V.,**

**Barbot'ko S. L.** Influence of Thermalphysic Characteristics on Fire Safety of Heat-Resistant Polymers on Basis of Polysulfon

**Барбот'ко С. Л., Голиков Н. И.**

О комплексной оценке пожарной опасности материалов

16

**Barbot'ko S. L., Golikov N. I.** About Complex Assessment of Fire Hazard of Materials

### ОГНЕЗАЩИТА

### FIRE RETARDANCE

**Бессонов Н. М., Еремина Т. Ю.,**

**Гравит М. В., Дмитриева Ю. Н.** Метод и программа расчета времени прогрева стальных конструкций, покрытых огнезащитной вспучивающейся краской "Терма"

27

**Bessonov N. M., Eremina T. Yu.,**

**Gravit M. V., Dmitrieva Yu. N.** The Method and Program of Calculation of Warm-Up Time for Steel Constructions Painted with Swelling Out Flame Retardant "Therma"

**Кузнецов К. Л., Шарпинский Д. Ю.,**

**Гусарова Н. К., Плотникова Г. В.** Математическое моделирование выбора оптимального содержания антипирена в поливинилхлоридных пластизолях

33

**Kuznetsov K. L., Sharpinskii D. Yu.,**

**Gusarova N. K., Plotnikova G. V.** Mathematical Modeling of Choice of the Optimal Substance of Fire-Retardants in Polyvinylchloride Plastizoles

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЖАРОВ

### FIRE MODELING

**Барановский Н. В.** Интегральная по пространству оценка лесной пожарной опасности

38

**Baranovskii N. V.** Integral by Area Assessment of Fire Risk in Forest

## ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ, ОБЪЕКТОВ

**Вогман Л. П., Шмурнов П. В.** Обеспечение пожарной безопасности горючих отложений в воздуховодах систем местных отсосов

**Ляпин А. В.** Современные огне- и дымозащитные преграды

**Бочкарев А. Н.** Методика организации многоуровневых систем авиационной и пожарной безопасности на воздушном транспорте

**Шульгин В. Н., Седнев В. А.** Требования к защитным сооружениям гражданской обороны при пожарах

## FIRE SAFETY OF BUILDINGS, STRUCTURES, OBJECTS

**43 Vogman L. P., Shmurnov P. V.** Fire Protection of Combustible Accumulation in Air Ducts of Local Suction Systems

**49 Lyapin A. V.** Modern Fire- and Smoke-Protective Barriers

**57 Bochkarev A. N.** Methods of Organization of Multilevel Systems of Aviation and Fire Safety on a Fly Board

**60 Shul'gin V. N., Sednev V. A.** Security Requirements for Protective Installations of Civil Defence in Case of Fire

## ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ

**Сабинин О. Ю.** Экспериментальное изучение влияния технологических свойств порошковых составов на их огнетушащую способность при импульсном способе пожаротушения

## FIRE EXTINGUISHING

**64 Sabinin O. Yu.** Experimental Examination of Influence of Technical Characteristics of Dry Powders on Their Fire Extinguish Capacity under the Condition of Impulse Extinguishing

## ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ. СПРАВОЧНИК

## 74 FIRE-AND-EXPLOSION SAFETY. REFERENCE BOOK

*Журнал включен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК России для публикации трудов соискателей ученых степеней, в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ РАН.*

*Сведения о журнале ежегодно публикуются в Международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям "Ulrich's Periodicals Directory".*

*Перепечатка материалов только по согласованию с редакцией.*

*Авторы несут ответственность за содержание представленных в редакцию материалов и публикацию их в открытой печати.*



4-я Международная выставка и конференция  
**АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА.  
 ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ**

7–9 октября 2008 г., ЦМТ, Москва, Россия

С 7 по 9 октября 2008 г. в Центре Международной Торговли (Москва) состоялось ключевое событие для специалистов в области атомной энергетики, электротехники и энергетического машиностроения — 4-я Международная выставка и конференция “Атомная энергетика и электротехника. Энергетическое машиностроение 2008”.

С 2005 г., когда атомная отрасль отметила свой 60-летний юбилей, Международная выставка “Атомная энергетика и электротехника. Энергетическое машиностроение” стала традиционной площадкой для деловой кооперации специалистов, демонстрирующей высокий потенциал атомной отрасли. Особую актуальность мероприятие приобретает в рамках реализации Федеральной программы по модернизации действующих атомных электростанций и строительству новых энергоблоков. В соответствии с Приложением к приказу №608 от 29.11.2007 г. 4-я Международная выставка и конференция “Атомная энергетика и электротехника. Энергетическое машиностроение” внесена в Перечень выставочно-ярмарочных мероприятий с участием ГК “Росатом”. Официальная поддержка выставки: ГК “Росатом”, концерн “Энергоатом”, Российское общество по неразрушающему контролю и технической диагностике (РОНКТА), Российский союз промышленников и предпринимателей (РСПП), АЭН РФ. Организатор — выставочная компания ООО “Инконэкс”.

Цель выставки и деловой программы: региональная и международная кооперация специалистов отрасли, консолидация усилий специалистов атомной промышленности и многочисленных партнеров-смежников в решении вопросов энергообеспечения, энергоэффективности и энергобезопасности.

В своем обращении к участникам и посетителям выставки Министр энергетики РФ С. И. Шматко отметил: “Развитие энергетического комплекса, сохранение лидирующих позиций на рынках энергоносителей являются одними из основных приоритетов нашей страны. Ежегодное проведение специализированной выставки “Атомная энергетика и электротехника. Энергетическое машиностроение” имеет важное значение для обмена опытом и передовыми технологиями, служит объединению специалистов в сфере науки и промышленности, способствует укреплению продуктивных деловых контактов и развитию межотраслевого сотрудничества”.

В первый день выставки прошла пресс-конференция, в которой приняли участие специалисты ведущих отечественных и зарубежных предприятий атомной отрасли, представители российских и зару-



бежных отраслевых и информационных изданий, информационные теле- и радиоканалы: ИТАР-ТАСС, “Интерфакс”, ПРАЙМ-ТАСС, ТВ “Центр”, “Russia Today”, радиостанция “Говорит Москва”, телерадиокомпания “Мир”, ТВ “Столица”, РЕН-ТВ, РИА “Новости”, РБК “Daily”, РБК ТВ и многие другие.

Около 200 ведущих предприятий отрасли из 8 стран мира представили свою продукцию на выставке “Атомная энергетика и электротехника. Энергетическое машиностроение” в этом году. В их числе ведущие компании Германии, Франции, Кореи, Чехии, Беларуси, Украины, Великобритании, а также научные центры и производственные предприятия из 27 городов России.

Выставка представляет три больших раздела: атомная энергетика, электротехника и энергетическое машиностроение.

Участники выставки познакомили посетителей с оборудованием, приборами, материалами для атомной энергетики и электротехники, системами измерения, контроля и промышленной автоматизации, средствами и системами связи, приборами радиационного контроля, аппаратурой диагностики состояния оборудования и др.

Свои высокотехнологичные разработки представили ведущие отечественные производственные предприятия и научные центры, в числе которых: “Атомэнергоэкспорт”, ОАО “ВНИИАЭС”, ГК “Росатом”,



концерн “Энергоатом”, Курский завод “Маяк”, “Силовые машины”, “Энергомаш”, “ВСМПО-АВИСМА”, Кулбакский металлургический завод, “ВНИИАМ”, “Сатурн – Газовые Турбины”, “ВНИИА им. Н. Л. Духова”, НПП “Элемер”, ФГУП НИИ НПО “Луч”, “Атомэнергопроект”, ОАО “СПбАЭП”, “НИИИС им. Ю. Е. Седакова”, РНЦ КИ, ФГУП “РЯЦ-ВНИИЭФ”, ОАО “НИПОМ”, “Гидромаш-сервис”, ОАО “СНИИП” и многие другие предприятия из 27 городов России.

В числе международных участников выставки и деловой программы: “Skoda Power” (Чехия), “Internormen Technology” (Германия), “Hansung Co.” (Корея), РК “Valve” (Корея), “Радий” (Украина), “Amideon” (Ирландия), “Sempell” (Германия), “Auma” (Германия), “Трубосталь” (Украина), “Esterel” (Франция), “Интерграф” (Швеция) и другие зарубежные компании.

В рамках деловой программы выставки состоялось обсуждение первых результатов консорциума разработчиков и изготовителей оборудования АСУ ТП для АЭС–2006.

В дни работы выставки прошли деловые мероприятия по темам: “Образование и повышение квалификации для специалистов в области атомной энергетики”, “Гарантированная безопасность и эффективность АЭС”, “Строительство и модернизация АЭС”, “Современные информационные технологии для сквозного сопровождения жизненного цикла блоков АЭС” (при участии компании “Неолант” совместно с “Интерграф” (Швеция)).

За три дня работы выставку посетили более 4500 специалистов крупнейших промышленных предприятий России, СНГ и дальнего зарубежья.

В рамках конкурсной программы организаторы отметили памятными дипломами компании: “Силовые машины” и ОАО “Атомтехэнерго” — за активное участие в выставке, ОАО “ВНИИАЭС” — за активное участие в деловой программе, “Skoda Power S.A.” — за вклад в развитие международного сотрудничества.

### Участники о выставке

“Основная цель участия в выставке компании “Skoda Power S.A.” — установление новых контактов

на российском рынке по возможности поставки оборудования для действующих и строящихся энергоблоков АЭС. Очень приятно отметить, что выставка “Атомная энергетика и электротехника. Энергетическое машиностроение” способствовала достижению этой цели. Наш стенд посетило большое число специалистов, успешно прошли переговоры о перспективном и долгосрочном сотрудничестве”.

*Vladimir Verescinsky, Project Manager,  
“Skoda Power A.S.” (Чехия)*

“Наша компания представила на выставке диагностическое оборудование для анализа гидравлических жидкостей. Основная цель, которую мы преследовали, — установление контактов с потенциальными клиентами, эксплуатирующими организациями. Следует отметить, что очень порадовал высокий уровень организации выставки и сопутствующих мероприятий”.

*Sergey Ruf,  
“Internormen Technology GmbH” (Германия)*

“Атомная отрасль представляет собой устойчивую и консервативную структуру. Однако очень радует стремление компаний к обмену знаниями и опытом в данной сфере. И выставка “Атомная энергетика и электротехника. Энергетическое машиностроение” наиболее эффективно способствует развитию сотрудничества в этой области. Нашей целью был сбор первичной информации о российском рынке, на который наша компания выходит впервые, а также, по возможности, установление деловых контактов в поиске дистрибьюторов нашей продукции (трубопроводная арматура) на территории России. На выставке состоялись переговоры, которые в будущем, возможно, приведут к долгосрочному сотрудничеству”.

*Wee Joo KANG, Seoul Sales Team,  
PK “Valve Co.” Ltd (Корея)*

“Основная цель участия в выставке для нас — представить оборудование, предназначенное для поставок на 3-й и 4-й энергоблоки Ростовской АЭС, повысить узнаваемость марки ОАО “НИПОМ” в атомной отрасли, расширить круг контактов в структурах госкорпорации “Росатом”. В числе представленной продукции: распределительная стойка НКУ Freeson CM-380/4000 на базе конструктива Logstrup, щит системы гарантированного питания постоянного тока мЩПТ-220В. На выставке состоялись переговоры с представителями проектных институтов, подрядных организаций АЭС и предприятий отрасли”.

*Горынина Н. Н., старший менеджер отдела продаж,  
Научно-исследовательское предприятие общего машиностроения, ОАО “НИПОМ” (г. Дзержинск)*

“На выставке “Атомная энергетика и электротехника. Энергетическое машиностроение” состоялись важные встречи с представителями Кольской, Кали-



нинской и Смоленской АЭС по поставке на станции оборудования систем диагностирования приводов трубопроводной арматуры на месте эксплуатации, без демонтажа. Полезными стали встречи с участниками выставки — фирмами “National Instruments”, “ПетроИнТрейд”, были обсуждены возможности совместного сотрудничества”.

*Фридберг Э. И., главный специалист, ОАО “Атомтехэнерго” Смоленский филиал (г. Десногорск)*

“Важно отметить полезность и актуальность деловой программы выставки. Очень интересно было услышать информацию для понимания вопросов реорганизации на конференции “АСУ ТП для АЭС–2006”. Основная цель участия — показать возможности работы нашей компании: в этом году компания “СНИИП-Систематом” награждена премией “Международный стандарт”, накануне выставки выигран тендер по поставке оборудования на 4-й блок Белоярской АС. Мы участвуем в выставке с первого года проведения, наше пожелание — снова встретиться на выставке “Атомная энергетика и электротехника. Энергетическое машиностроение 2009”.

*Бахарев С. А.,  
ЗАО “СНИИП-Систематом”*

### Посетители о выставке:

“Цель посещения выставки — ознакомиться с последними достижениями, поддержать деловые контакты. Особенно интересно было посетить конференцию “АСУ ТП для АЭС–2006”. Желаю дальнейшего роста выставке”.

*Дурнев В. Н., начальник отдела по надзору за системами управления, контроля и надежного энергоснабжения, “Ростехнадзор”*

“Цель посещения — ознакомиться с новинками. На выставке встретились со старыми партнерами — приборостроительными компаниями: “СНИИП”, “СНИИП-Систематом”, “Радико”. Выставка “Атомная энергетика и электротехника. Энергетическое машиностроение” стала местом встречи и проведения переговоров, прекрасной возможностью, которая представляется редко”.

*Козлов С. В., менеджер технических решений,  
“CANBERRA Industries, Inc.”*

“На выставку приехали, чтобы ознакомиться с новым металлообрабатывающим и теплотехническим оборудованием для АЭС. Интересные решения представили ДВНИИТС (обработка труб), Смоленский филиал “Атомтехэнерго”, ИНТА. Из новых контактов —



ТД “Севермаш”. Очень грамотно была организована выставка, все на высоком уровне. Пожелание к участникам — чтобы на следующей выставке был представлен более широкий ассортимент продукции”.

*Лошкарев М. М.,  
ведущий инженер, Кольская АЭС*

“Основная цель посещения выставки — ознакомление с тенденциями развития АСУ ТП, поиск решений для стоящегося 4-го энергоблока Калининской АЭС. Удалось ознакомиться с новой продукцией, пообщаться с представителями заводов по производству распределительных устройств, КИП, автоматики. На выставке состоялись встречи с такими предприятиями, как “НИИИС”, “ВНИИА им. Н. Л. Духова”, ОАО “ВНИИАЭС”, “Приводы АУМА”, Смоленский филиал “Атомтехэнерго”, ТД “Электрощит-К”, “Инкор-Позит”, “СНИИП-Систематом”, ТД “Севермаш”. С ними мы уже давно работаем, выставка предоставила возможность для встречи и обсуждения технических вопросов”.

*Рудник А. П., ведущий инженер,  
Калининская АЭС*

*За годы работы выставка стала традиционной деловой площадкой для международной кооперации специалистов, подтверждая статус ключевого события в области атомного машиностроения и электротехники. Выставка “Атомная энергетика и электротехника. Энергетическое машиностроение” отражает высокий потенциал предприятий атомной отрасли России, демонстрирует открытость российской атомной отрасли для сотрудничества, представляет уникальную возможность для поиска деловых партнеров и укрепления долгосрочных партнерских отношений специалистов отрасли в целом.*



## XVII Международный форум ОХРАНА И БЕЗОПАСНОСТЬ – SFITEX 2008

15–18 октября 2008 г., ВК "Ленэкспо", Санкт-Петербург, Россия

Более 250 компаний и 20000 специалистов — таковы итоги прошедшей в октябре 2008 г. выставки "Охрана и Безопасность — Sfitex", а также мероприятий деловой программы. Площадь экспозиции составила 10753 м<sup>2</sup>. Страны-участницы: Великобритания, Германия, Греция, Латвия, Нидерланды, Россия, США, Тайвань, Украина, Финляндия, Швеция, Япония.

Традиционно на выставке были представлены разделы:

- технические средства обеспечения безопасности;
- аварийно-спасательные средства. Системы и средства обеспечения пожарной безопасности;
- системы и средства защиты информации и специальные технические средства.

При участии и непосредственном руководстве Комитета по вопросам законности, правопорядка и безопасности Правительства Санкт-Петербурга был также представлен новый раздел, посвященный безопасности дорожного движения. В рамках нового раздела ГУ "Дирекция по организации дорожного движения Санкт-Петербурга" построила на своем стенде мини-город с улицами, перекрестками, раз-

меткой, светофорами, дорожными знаками и информационными дисплеями.

Управление ГИБДД представило на своем стенде технические средства контроля и видеофиксации, специализированную лабораторию, автомобильную технику и материалы по пропаганде безопасности дорожного движения. Кроме того, участники нового раздела выставки продемонстрировали системы активной и пассивной безопасности водителя и пассажира, системы навигации и охранной сигнализации, парковочное оборудование, сигнальные и дорожные знаки, организацию предрейсового медицинского обследования, приемы оказания первой медицинской помощи и многое другое.

15 октября в рамках 17-го Международного форума "Охрана и Безопасность — Sfitex" СЗРЦ МЧС и ГУ МЧС России по Санкт-Петербургу и Ленинградской области провели демонстрацию мероприятий по ликвидации последствий ДТП и эвакуации потерпевших.

По сценарию показательных выступлений в результате столкновения двух транспортных средств в одном из автомобилей произошло возгорание, а водитель и пассажиры оказались зажатými в салоне из-за деформации кузова, водитель второго транспортного средства получил серьезные ранения и выпал на проезжую часть. Участники и гости Форума стали свидетелями операции по эвакуации потерпевших из деформированных транспортных средств, оказанию им первой медицинской помощи и транспортировке пострадавших в лечебные учреждения, в которой были задействованы вертолет СЗРЦ МЧС,





экипажи аварийно-спасательной и пожарной служб ГУ МЧС, а также медицинская бригада скорой помощи.

Важным мероприятием в рамках подготовки и проведения форума стал Международный конкурс “Эталон безопасности”. Задача конкурса — продвижение новейших технологий, привлечение внимания к ним законодательных и исполнительных органов власти. Большое количество заявок, поступивших в оргкомитет, свидетельствует о значимости конкурса и о многообразии представляемых новинок.

Торжественное награждение победителей и лауреатов конкурса “Эталон безопасности” состоялось 17 октября на территории выставки.

Традиционно в рамках Форума свои технические семинары, круглые столы и презентации провели компании-участницы: “Axis Communications”, “Sony”, KAS, “Legos”, “Армо”, “Арсенал Телеком”, “Астра СТ”, “Атлант”, “БАГ-БАЛТ”, “Болид”, “Итриум СПб”, “Компэл СПб”, “Корпус”, “ЛВБ-Холдинг”, “Микроэм”,



“МТ-Техно”, “Олл Системз”, “Охрана и Безопасность”, “Равелин”, “Севзапспецавтоматика”, “Системы безопасности”, Корпорация “Skyros”, “Стандарт Безопасности” и др.





## 8-я Специализированная выставка ТРАНСПОРТ. ЛОГИСТИКА. СВЯЗЬ-2008

22–24 октября 2008 г., Дворец спорта, г. Астрахань, Россия

С 22 по 24 октября 2008 г. ООО «Парад-Экспо» при поддержке Министерства промышленности, транспорта и связи Астраханской области была организована и проведена 8-я Специализированная выставка «Транспорт. Логистика. Связь-2008».

В ходе организации выставки были отправлены приглашения на участие в выставке порядка 5000 адресатам — руководителям фирм. Проведена массовая рекламная компания с привлечением всех средств массовой информации.

Выгодное географическое расположение Астраханской области обусловило особый статус региона. Благодаря выходу на Каспийское море Астраханская область играет важную роль в системе международных евроазиатских транспортных маршрутов. По территории региона проходит международный коридор «Север – Юг», связывающий страны Южной и Юго-Восточной Азии через территорию Ирана, Каспийское море и Астраханскую область с Центральной Россией и государствами Северной, Центральной и Восточной Европы. Имеется возможность использования Волго-Донского канала для прямого выхода с Каспийского бассейна в страны Черноморско-Средиземноморского бассейна, а по реке Дунай — в государства Центральной Европы. При этом астраханский транспортный узел — ключевое звено российского участка данного маршрута. Железнодорожное сообщение соединяет Астрахань с другими областными центрами России, Казахстаном, Средней Азией и Закавказьем. Сеть автомобильных дорог Астраханской области по основным параметрам развитости занимает одно из ведущих мест в России и Центральной Азии. Геополитическое положение Астраханской области исторически предопределило формирование на ее территории мощного судостроительно-судоремонтного комплекса, занимающего одно из ведущих мест в России. В связи с этим актуально проведение выставки данной тематики.

К участию в выставке были приглашены ведущие предприятия транспортной отрасли: железнодорожные, авиа-, авто-, речные и морские перевозчики, судостроительные и судоремонтные компании, портовые хозяйства, предприятия, обслуживающие инфраструктуру порта (информационное обслуживание, связь, телекоммуникации, склад-терминал, торговое обслуживание персонала портов, судов).

Основные разделы выставки: транспортный комплекс: железнодорожный, водный, автомобильный, морской, речной и воздушный; транспортные коридоры; перевозка грузов; оборудование для транспортировки груза; транспортное экспедирование грузов; обеспечение безопасности дорожного движения; дорожная техника; материалы для дорожного строительства; судостроения и судоремонт; портовое хозяйство; складское оборудование; погрузочно-разгрузочные работы в портах и многие другие.

На выставке свою продукцию представили порядка 50 предприятий из 6 регионов России (г.г. Москва, Курган, Ростов-на-Дону, Волгоград, Волжский, Астрахань). Была представлена специализированная техника от ведущих фирм-производителей, таких как «Mercedes», «HOWO», «Урал» и т.д.

Экспонентам выставки были вручены дипломы «За активное участие и высокий уровень представленной экспозиции»

По итогам выставки были также заключены договора-намерения, договора на поставку оборудования и техники, было продемонстрировано стремление открыть региональные представительства.





**С. В. Иванин**  
 младший научный сотрудник  
 Тольяттинского военного  
 технического института



**А. Г. Егоров**  
 д-р техн. наук, доцент  
 Тольяттинского военного  
 технического института



**Н. Н. Старков**  
 канд. техн. наук, начальник НИЛ  
 Тольяттинского военного  
 технического института

УДК 614.841

## ГРАНИЦЫ ЗАЖИГАНИЯ ПОТОКА АЭРОВЗВЕСИ ЧАСТИЦ АЛЮМИНИЯ В ТРУБЕ С ВНЕЗАПНЫМ РАСШИРЕНИЕМ

Проанализировано влияние на границы зажигания потока аэровзвеси частиц алюминия в трубе с внезапным расширением. Экспериментальные исследования по определению надежного зажигания алюминиево-воздушной смеси выполнены на лабораторных установках.

**Ключевые слова:** зажигание, воспламенение, горение, алюминиево-воздушная смесь.

Использование порошкообразных металлов в активных средах, с которыми сталкиваются новая техника и практика, резко стимулировало постановку работы по выявлению характерных особенностей и закономерностей воспламенения и самовозгорания частиц металлов в условиях их промышленного производства, эксплуатации и хранения [1].

Основными факторами, определяющими характеристики воспламенения смеси в трубе сгорания, являются система зажигания, параметры потока (давление, температура, скорость и турбулентность) и свойства топлива. Поэтому установление границ вынужденного зажигания сводится, по существу, к выяснению влияния каждого из этих факторов на границы зажигания [2].

В настоящей работе исследовано влияние таких параметров потока, как скорость, температура, турбулентность, состав, размер и форма частиц алюминия (Al), а также диаметра трубы на границы зажигания алюминиево-воздушной смеси. Определение характеристик воспламенения проводилось по методике [3].

Были установлены минимальные характерный размер стабилизатора ( $H = 0,007$  м), скорость алюминиево-воздушного потока ( $U_0 = 40$  м/с) и расход горючего ( $G_{Al} = 3$  г/с), при меньших значениях которых зажигания основного потока алюминиево-воздушной смеси в трубе сгорания не происходило.

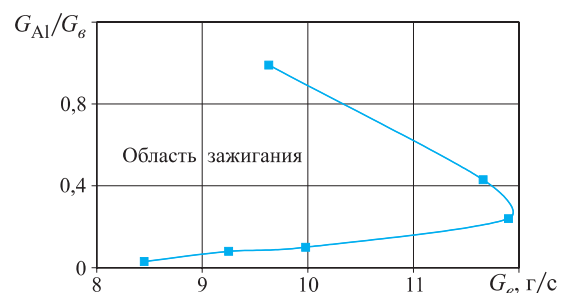
Область зажигания потока аэровзвеси частиц алюминиево-магниевого сплава марки АД-50

(50% Al + 50% Mg) представлена на рисунке. На оси абсцисс отложен расход воздуха  $G_g$ , на оси ординат — отношение расхода порошка алюминия к расходу воздуха  $G_{Al}/G_g$ .

Форма кривой, ограничивающей область зажигания потока аэровзвеси частиц алюминия, соответствует форме кривой, ограничивающей типичную область такого рода для камер сгорания авиационных газотурбинных двигателей [3].

Результаты исследования пределов воспламенения и устойчивого горения алюминиево-воздушной смеси в трубах с внезапным расширением показали, что в трубах с характерным размером  $H = 0,014$  м и диаметром камеры сгорания  $D = 0,027$  м надежного зажигания не происходит.

В трубе меньшего диаметра зажигание наблюдается при меньших значениях относительного



Область зажигания в потоке аэровзвеси частиц сплава АД-50: диаметр трубы  $D = 0,05$  м; начальная температура  $T_0 = 293$  К; начальное давление  $P_0 = 0,1$  МПа

расхода  $G_{Al}/G_g$ , поскольку с уменьшением диаметра трубы увеличивается объемная концентрация частиц Al в зоне рециркуляции, в связи с чем снижается температура воспламенения и увеличивается скорость горения. С увеличением диаметра трубы сгорания объемная концентрация частиц в зоне рециркуляции уменьшается, а соответственно, уменьшаются температура и скорость горения. Поэтому с увеличением диаметра трубы сгорания область зажигания смещается в сторону больших значений  $G_{Al}/G_g$ .

Выявлено, что максимальная скорость потока аэрозвеси, при которой происходит зажигание, наблюдается при  $G_{Al}/G_g \approx 1,1-1,2$ . Это значение относительного расхода  $G_{Al}/G_g$  соответствует коэффициенту избытка воздуха  $\alpha \approx 0,1-0,2$ , когда резко возрастает как доля нитрида в продуктах сгорания, так и температура горения аэрозвеси частиц алюминия. Сопровождаемый экзотермическим эффектом процесс образования  $AlN_k$  ( $k = 1, 2, \dots$  — валентность алюминия) вносит существенный вклад в суммарное тепловыделение и поддерживает устойчивое воспламенение и горение обедненной кислородом смеси.

С увеличением начальной температуры  $T_0$  значение  $G_{Al}/G_g$  уменьшается, что является подтверждением предположения о расширении границ зажигания в потоке алюминиево-воздушной смеси.

С ростом начальной турбулентности границы зажигания в потоке алюминиево-воздушной смеси, содержащей порошок АСД-1 со средним диаметром  $\delta_{32} = 17,4$  мкм, расширяются. В алюминиево-воздушной смеси, содержащей порошок АСД-4 со средним диаметром  $\delta_{32} = 7,4$  мкм, рост начальной турбулентности приводит к сужению пределов зажигания.

Результаты исследования процесса зажигания потока алюминиево-воздушной смеси позволяют сделать вывод, что границы зажигания в потоке алюминиево-воздушной смеси расширяются при увеличении диаметра трубы сгорания, температуры воздуха и уменьшении среднего размера частиц и сужаются при увеличении скорости потока. С ростом начальной турбулентности границы зажигания в потоке алюминиево-воздушной смеси со средним диаметром частиц алюминия 7,4 мкм сужаются, 17,4 мкм — расширяются.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

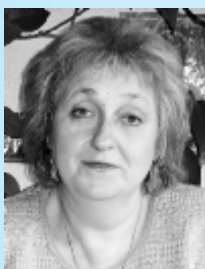
1. **Похил, П. Ф.** Горение порошкообразных металлов в активных средах / П. Ф. Похил, А. Ф. Беляев, Ю. В. Фролов [и др.]. — М. : Наука, 1972.
2. **Абдурагимов, И. М.** Процессы горения / И. М. Абдурагимов. — М. : ВИПТШ, 1984.
3. **Таубкин, С. И.** Пожаро- и взрывобезопасность пылевидных материалов и технологических процессов / С. И. Таубкин, С. И. Таубкин. — М. : Химия, 1976.

*Материал поступил в редакцию 05.11.08.*

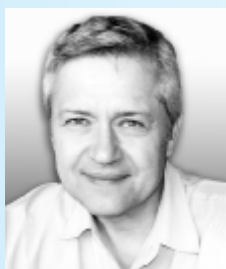
© Иванин С. В., Егоров А. Г., Старков Н. Н., 2008 г.  
(тел. +7 (8482) 32-87-98).



**М. М. Коротков**  
инженер ФГУП “Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов”



**Т. Ф. Изотова**  
ведущий инженер ФГУП “Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов”



**А. В. Зуев**  
канд. техн. наук, начальник лаборатории ФГУП “Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов”



**С. Л. Барботько**  
канд. техн. наук, начальник сектора ФГУП “Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов”

УДК 614.841.345:629.7.042.2

## ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НА ПОЖАРОБЕЗОПАСНОСТЬ ТЕРМОСТОЙКИХ ПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИСУЛЬФОНА

Проведено исследование влияния температуры на изменение теплоемкости полимеров на основе полисульфона. Показано влияние температуры начала термодеструкции, определенной методом дифференциальной сканирующей калориметрии (ДСК), на показатели тепловыделения при горении.

**Ключевые слова:** теплоемкость, термодеструкция, полимер.

Конструкционные материалы, как правило, работают не при комнатной температуре, а в некотором, иногда довольно широком диапазоне температур. Для расширения допустимой области применения полимерных композиционных материалов используются все более термостойкие полимеры, обеспечивающие работу элементов конструкций на их основе при температурах до 200–300°C. В ряде случаев (огневое воздействие, высокотемпературная тепловая защита и т.п.) возможна краткосрочная эксплуатация материалов и при существенно более высоких тепловых нагрузках, т.е. при температурах, превышающих температуру термодеструкции полимера.

В настоящее время все большее применение находят композиционные материалы, выполненные на термостойких связующих, в том числе и термопластичных. Одними из наиболее популярных термостойких термопластичных полимеров являются полисульфоны, сочетающие в себе высокую термостойкость, химическую инертность, необходимую пожаробезопасность.

Для описания процессов развития горения и оценки работоспособности элемента конструкции при пожаре необходимо знать изменение свойств материала в зависимости от температуры. Например, для выполнения теоретических расчетов по прогнозированию кинетических параметров интенсивности тепловыделения при горении [1–3] не-

обходимо иметь данные по теплофизическим характеристикам материалов, в частности по теплоемкости и теплопроводности, при различной температуре, по температуре начала термодеструкции.

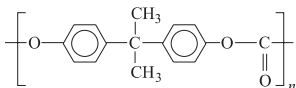
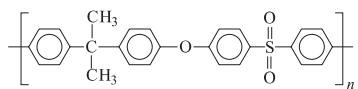
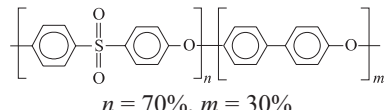
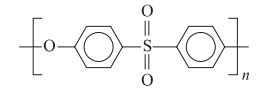
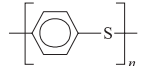
Данная работа посвящена определению характеристик тепловыделения стеклопластиков на основе различных типов полисульфонов и сопоставлению полученных результатов с данными о температуре начала термодеструкции полимеров, а также исследованиям по изменению теплоемкости различных типов полисульфонов в диапазоне температур от 20 до 600°C.

Испытания образцов материалов по определению интенсивности тепловыделения при горении проводили на модифицированном проточном калориметре типа OSU марки HRR-3, изготовленном фирмой “Atlas Electric Devices” (США). Подробное описание аппаратуры и методика проведения испытаний даны в Приложении F (Часть IV) Главы 25 Авиационных правил [4]. Интенсивность падающего теплового потока на образец составляла 35 кВт/м<sup>2</sup>.

Исследования по определению температур начала термодеструкции и теплоемкости осуществлены на дифференциальном сканирующем калориметре DSC 204 F1 производства фирмы “Netzsch” (Германия), обеспечивающем выполнение измерений в интервале температур от –130 до +600°C. Испытания проводили в окислительной (воздух) и инертной (аргон) средах, скорость нагрева —



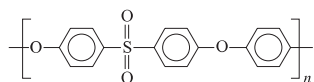
Таблица 1. Марки и структурные формулы исследованных полимеров

Наименование	Марка	Структурная формула [6]	Разработчик или изготовитель
Поликарбонат	ПК-Н		НИИПМ, Россия
Полисульфон	ПСФ-150		НИИПМ, Россия
	ПСН-93		НИИПМ, Россия
	Udel* <sup>1</sup>		“Solvay”, Бельгия
Полиарилсульфон	ПСФФ-30		НИИПМ, Россия
	ПСФФ-70		НИИПМ, Россия
	Radel R* <sup>2</sup>		“Solvay”, Бельгия
Полиэфирсульфон	PES* <sup>3</sup>		“Porcher industries Composites”, Франция
Полифениленсульфид	Фортрон 02141c1		“Ticona”, Германия

\*<sup>1</sup> Udel P-1700 NT11.

\*<sup>2</sup> Radel R 5000 NT.

\*<sup>3</sup> С незначительным содержанием



3 К/мин. В качестве образцов были взяты пленки толщиной 50–100 мкм, масса образцов при испытании составляла 2–5 мг.

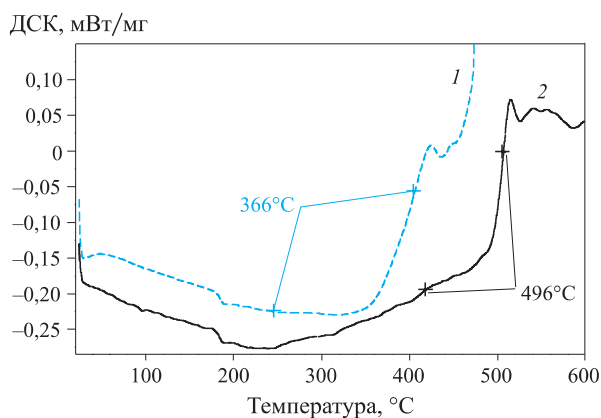
Были изучены различные типы полимеров, содержащих сульфогруппы (полисульфоны, полиарилсульфоны, полиэфирсульфоны). Кроме них для сравнения были исследованы образцы полимера, имеющего близкую химическую структуру, но не содержащего сульфогруппы (поликарбонат), и полимера, содержащего атомы серы, но в виде сульфидных мостиков (полифениленсульфид). В табл. 1 приведена краткая информация об исследованных полимерах.

При воздействии температуры и пламени на термически толстый образец его внутренние слои не контактируют с кислородом воздуха, а образование и выход газообразных продуктов термодеструкции существенно затрудняют проникновение кислорода даже к внешним слоям. Таким образом, на воздухе при горении материала термодеструкция основного объема образца фактически протекает в условиях восстановительной, а не окислительной среды. Поэтому при расчетах по прогнозированию тепловыделения необходимо в качестве температуры начала термодеструкции материала исполь-

зовать данные, полученные в условиях инертной среды.

Полисульфоны при термодеструкции образуют существенный коксовый слой. В связи с этим потеря массы в начальный период термодеструкции не очень велика и термогравиметрический анализ не обеспечивает однозначного трактования получаемых данных. Поэтому было принято решение начало термодеструкции определять другим чувствительным методом — дифференциальной сканирующей калориметрией (ДСК), позволяющей по величине сигнала ДСК рассчитывать теплоемкость материала при заданной температуре (интервале температур) и по изменению характера кривой судить об изменениях структуры материала (стеклование, плавление/кристаллизация, термодеструкция). На рис. 1 приведены графики изменения сигнала ДСК для пленки из полисульфона ПСФ-150 в средах аргона и воздуха. Наличие окислительной среды приводит к существенному снижению температуры начала термодеструкции. Для исследованных полимеров это различие составляло 30–70°C.

Как уже отмечалось, для расчетов по прогнозированию тепловыделения необходима информация

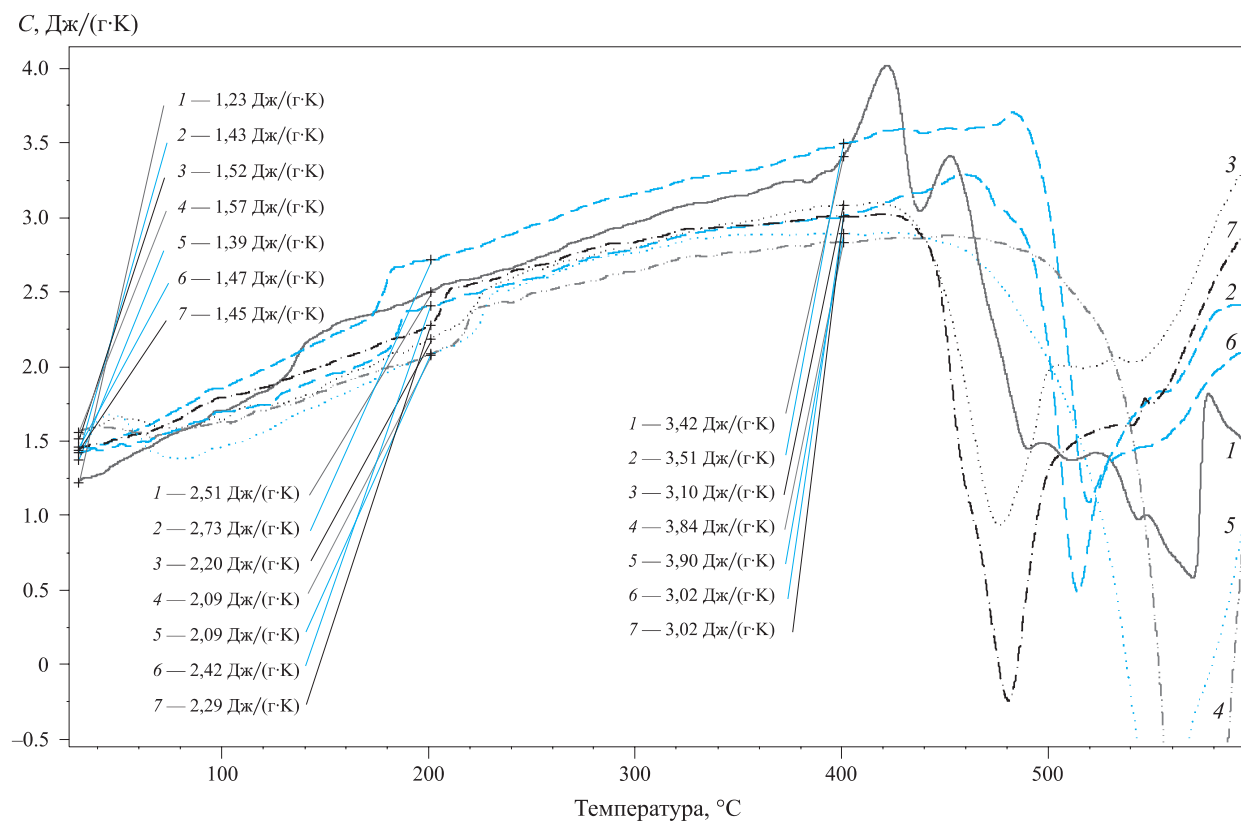


**Рис. 1.** Изменение ДСК-сигнала для пленки из ПСФ-150 в средах воздуха (1) и аргона (2)

о теплофизических свойствах материала в диапазоне температур от комнатной до начала интенсивной термодеструкции. На рис. 2 представлены графики изменения теплоемкости пленок из полимерных материалов. Видно, что в диапазоне температур 50–400°C теплоемкости слабо растут. Графики изменения теплоемкостей полисульфоновых пленок лежат в узкой области: при 30, 200 и 400°C теплоемкость составляет (1,4±0,2), (2,4±0,3) и (3,2±0,3) Дж/(г·К) соответственно. На всех графиках хорошо видны ступеньки, вызванные переходом второго

рода (температура стеклования). Величина ступеньки составляет около 0,25 Дж/(г·К). При дальнейшем нагреве до температуры, превышающей температуру начала термодеструкции, в связи с процессами газовой выделением и коксообразования регистрируется резкое, вплоть до отрицательных значений, снижение теплоемкости. Данные по теплоемкости при температурах, превышающих температуру начала термодеструкции, полученные таким методом, являются некорректными и пользоваться ими нельзя. Эта проблема может быть решена применением методики ступенчатого нагрева – охлаждения с измерением теплоемкости при обратном ходе температуры [5].

Существенное отличие в кинетике изменения теплоемкости для исследованных полимеров зарегистрировано только для полифениленсульфида (рис. 3), имеющего два пика. Наличие этих пиков частично объясняется кристаллической структурой полимера (в отличие от аморфной для остальных изученных образцов) и протекающими при росте температуры процессами: перекристаллизацией (~120°C) и последующим плавлением (~280°C) кристаллов полимера. В остальном кинетика изменения и величины теплоемкости полимеров в интервале от 20°C до температур термодеструкции практически идентичны.



**Рис. 2.** Изменение теплоемкости пленок из полимерных материалов: 1 — поликарбонат; 2 — ПСФ-150; 3 — ПСФФ-70; 4 — Radel R; 5 — PES; 6 — Udel; 7 — ПСФФ-30

**Таблица 2.** Тепловыделение стеклопластиков на термопластичных связующих

Марка полимера	Толщина, мм	Масса, г/м <sup>2</sup>	Теплота сгорания, кДж/г	Температура начала термодеструкции (аргон), °С	Тепловыделение*	
					максимальная интенсивность, кВт/м <sup>2</sup>	общее количество выделившегося тепла за первые 2 мин, кВт·мин/м <sup>2</sup>
ПК-Н	1,9	3100	29,66	400	56	47
ПСФ-150	1,9	3050	30,29	500	45	32
Udel	2,1	3150	30,78	460	60	37
Radel R	1,9	3200	28,18	540	14	-8
PES	1,9	3230	25,30	530	14	-3

\* Характеристики тепловыделения (максимальная интенсивность и общее количество выделившегося тепла за первые 2 мин) определяли в соответствии с требованиями Авиационных правил [4] при интенсивности внешнего падающего потока на образец 35 кВт/м<sup>2</sup>; 1 кВт·мин/м<sup>2</sup> = 0,06 МДж/м<sup>2</sup>.

При обработке данных для температур 20–400°С получено, что для различных типов полисульфонов с достоверностью более 90% могут использоваться усредненные данные изменения теплоемкости в соответствии со следующим эмпирическим уравнением:

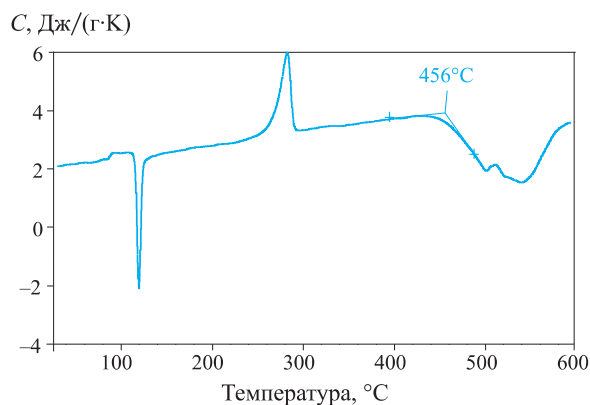
$$C = 0,0045t + 1,3493,$$

где  $C$  — теплоемкость, Дж/(г·К);  
 $t$  — температура, °С.

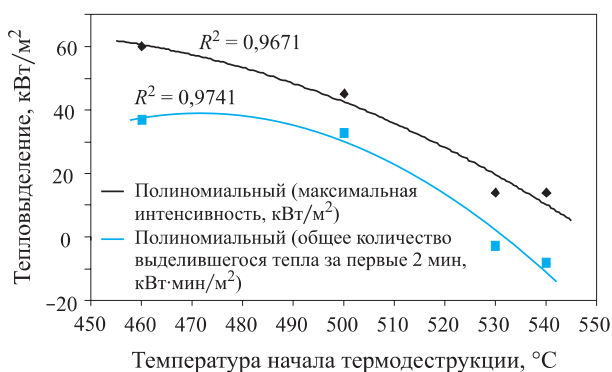
Для определения интенсивности тепловыделения были изготовлены образцы стеклопластиков на основе стеклоткани марки Т-15(П)-76 и пленок из соответствующих полимеров. Содержание связующего в стеклопластике составляло (40±2)%. В табл. 2 представлены полученные результаты.

Исключение из структуры полимера метильных групп, увеличение доли химических связей с высокой энергией обеспечивают повышение температуры начала термодеструкции. Это приводит к существенному снижению интенсивности тепловыделения при горении под воздействием внешнего теплового потока заданной интенсивности (рис. 4). Графики зависимости интенсивности тепловыделения от температуры начала термодеструкции имеют явно выраженный нелинейный характер, причем интенсивность тепловыделения резко снижается по мере уменьшения разности между температурой начала термодеструкции и температурой, создаваемой заданным внешним тепловым потоком на поверхности образца.

Стеклопластики, изготовленные на пленочных связующих с температурой термодеструкции выше 530°С, при испытаниях под воздействием теплового потока в 35 кВт/м<sup>2</sup> воспламенялись только на второй минуте, причем интенсивность горения была незначительна, хотя их теплоты сгорания и величины коксового остатка для полиарилсульфона и полиэфирсульфона не более чем на 20% отличаются



**Рис. 3.** Изменение теплоемкости для полифениленсульфида (в аргоне)



**Рис. 4.** Изменение максимальной интенсивности тепловыделения и общего количества выделившегося тепла за первые 2 мин испытания для стеклопластиков в зависимости от температуры начала термодеструкции полимера

ся от аналогичных показателей для обычного полисульфона. Таким образом, выявлено существенное влияние температуры начала термодеструкции полимера на кинетику и максимальную интенсивность тепловыделения.

### Выводы

Использование метода дифференциальной сканирующей калориметрии обеспечивает определение температур начала термодеструкции полимеров как в инертной, так и в окислительной средах. Показано существенное снижение температуры начала термодеструкции при наличии окислительной среды для различных типов термостойких полимеров.

Применение метода ДСК обеспечивает возможность определения кинетики изменения теплоем-

кости с высокой точностью в температурном интервале вплоть до температур начала термодеструкции. Кинетические характеристики изменения теплоемкости в диапазоне температур 20–400°C для различных типов полисульфонов практически идентичны.

Модификация структуры полимера, приводящая к изменению температуры термодеструкции, существенным образом сказывается на изменении кинетики тепловыделения, в том числе на максимальной интенсивности и общем количестве выделившегося тепла.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Барботько, С. Л.** Моделирование процесса горения материалов при испытаниях по оценке тепловыделения / С. Л. Барботько // Пожаровзрывобезопасность. — 2007. — Т. 16, № 3. — С. 10–24.
2. **Барботько, С. Л.** Математическое моделирование тепловыделения при горении полимерных композиционных материалов различной толщины / С. Л. Барботько, О. С. Вольный, Т. Ф. Изотова // Пожаровзрывобезопасность. — 2007. — Т. 16, № 4. — С. 16–20.
3. **Барботько, С. Л.** Оценка погрешностей сделанных допущений в математической модели тепловыделения при горении полимерных материалов / С. Л. Барботько // Пожаровзрывобезопасность. — 2007. — Т. 16, № 5. — С. 19–22.
4. **Авиационные правила.** Глава 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории : утв. Межгос. авиационным комитетом. — Л. : Изд-во ЛИИ им. М. М. Громова, 1994. — 322 с.
5. **Шашков, А. Г.** Теплофизические свойства разлагающихся материалов при высоких температурах / А. Г. Шашков, В. И. Тюкаев. — Минск : Наука и техника, 1975. — 80 с.
6. **Михайлин, Ю. А.** Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы / Ю. А. Михайлин. — СПб. : Профессия, 2006. — 624 с.

*Материал поступил в редакцию 10.09.08.*

© Коротков М. М., Изотова Т. Ф., Зувев А. В., Барботько С. Л., 2008 г.  
(тел. +7 (495) 263-89-13).





**С. Л. Барботько**  
канд. техн. наук, начальник сектора  
ФГУП "Всероссийский научно-  
исследовательский институт  
авиационных материалов"



**Н. И. Голиков**  
канд. техн. наук, заведующий центром  
коллективного пользования Института  
физико-технических проблем Севера СО РАН

УДК 614.841.345

## О КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ МАТЕРИАЛОВ<sup>1</sup>

Предложен подход к определению индексов пожарной опасности материалов на основании расчетов по экспериментальным данным для различных методов испытаний и сравнению материалов на основе комплексного индекса пожарной опасности. Проведены расчеты для нескольких материалов различных классов.

**Ключевые слова:** пожарная опасность, комплексный индекс, метод испытаний.

### Введение

Во время пожара на людей действуют различные поражающие факторы, такие как распространение открытого пламени, повышенная температура, снижение видимости, наличие токсичных продуктов горения. Вследствие этого пожарная опасность материалов и элементов конструкций может быть охарактеризована такими параметрами, как способность материала воспламениться под действием внешнего теплового потока и/или открытого пламени, гореть, распространяя пламя, погасать по мере удаления от источника воспламенения, выделять при сгорании тепло, токсичные газообразные продукты и взвешенные непрозрачные частицы (дым), а также противостоять (сохранять работоспособность) воздействию температуры и открытого пламени. То есть пожарная опасность материалов является комплексной величиной и складывается из характеристик, определяемых различными методами.

В настоящее время к материалам, используемым в отделке зданий и сооружений, предъявляются нормативные требования [1], основанные на экспериментальной оценке следующих характеристик: горючести [2], воспламеняемости [3], распространения пламени [4], дымообразующей способности и токсичности продуктов сгорания [5, п.п. 4.18 и 4.20]. Сравнение материалов фактически возможно проводить только по какому-либо одному параметру. В научной, а тем более в нормативной литературе практически не рассматривается вопрос о том, какое сочетание свойств материала (например, ком-

плекс групп пожаробезопасности Г2–В2–РП1–Д3–Т4 или Г3–В3–РП3–Д2–Т1 и т.д.) является более опасным при заданном функциональном назначении. Если же по какому-либо методу определяется одновременно несколько характеристик (есть несколько регламентируемых критериев оценки), то сравнение свойств материалов даже на основании единственного метода становится проблематичным, так как по первой характеристике может быть лучше один материал, по второй — другой и т.д.

В силу специфики работы авторов статьи дальнейшее рассмотрение ситуации по оценке пожарной безопасности проводится в основном с точки зрения авиационных норм и методов испытаний материалов для гражданской авиационной техники.

Для авиационных неметаллических материалов, используемых для внутренней отделки пассажирских самолетов, в соответствии с требованиями нормативных документов [6–9] наиболее часто определяемыми характеристиками являются:

- способность материала гореть (воспламениться под воздействием внешнего пламени, распространять огонь по поверхности и затухать при прекращении воздействия пламени) — четыре варианта методики (АП/FAR-25 Приложение F Часть I [6], ОСТ 1 90094–79);
- дымообразующая способность (Приложение F Часть V [6], ГОСТ 24632–81);
- интенсивность тепловыделения при горении (Приложение F Часть IV [6]);
- токсичность продуктов горения (концентрации токсичных газов) (АИТМ 3.0005);
- способность противостоять сквозному прогоранию — две методики (Приложение F Части I и III [6]).

<sup>1</sup> Свое мнение по данной статье вы можете высказать на e-mail автора: slbarbotko@yandex.ru.

Кроме того, определяются: потеря массы при горении пассажирских кресел (Приложение F Часть II АП/FAR-25 [6]), способность материалов тепловой и акустической изоляции гореть (распространять пламя по поверхности) при комбинированном воздействии огня и теплового потока (Приложение F Часть VI [6]), не прогорать и не пропускать тепло при воздействии мощного пламени (Приложение F Часть VII [6]).

Практически каждый метод испытаний имеет несколько показателей, по которым материал сравнивается с критериями оценки, предписанными нормативными документами. Так как имеется несколько критериальных параметров, то затруднительно сравнивать между собой материалы, имеющие неодинаковые значения по нескольким параметрам, даже для какого-либо одного метода испытаний. Кроме того, вполне закономерно требует решения и задача сравнения свойств различных материалов при определении всего комплекса характеристик пожаробезопасности.

### Основная часть

Директивные документы, регламентируя предельно допустимые значения отдельных характеристик, не нормируют комплексную (общую, интегральную) допустимую опасность материала или элемента конструкции. Да и в научно-исследовательских работах общая опасность как совокупность воздействия различных поражающих факторов, как правило, не рассматривается. Одно из исключений — общая опасность от воздействия нескольких токсичных газов, например [10, 11].

Комплексная опасность может быть описана как арифметическая сумма составных опасностей:

$$F_{\text{общ}} = \Sigma F_i, \quad (1a)$$

где  $F_{\text{общ}}$ ,  $F_i$  — общая и отдельная (по  $i$ -му компоненту) опасность соответственно.

Однако складывать опасности, имеющие различные размерности (метры, секунды, градусы и т.п.) или диапазоны допустимых значений, некорректно. Поэтому в расчетах, как правило, используются нормированные (приведенные) величины:

$$I = \Sigma F_{\text{норм.}i} = \Sigma F_i / f_i, \quad (1б)$$

где  $I$  — индекс опасности;

$F_{\text{норм.}i}$  — нормированная опасность по  $i$ -му параметру;

$f_i$  — максимально допустимое значение  $i$ -го параметра.

Если регламентируются минимально допустимые значения параметра, то для нормирования надо

использовать несколько видоизмененную формулу:

$$I = \Sigma F_{\text{норм.}j} = \Sigma g_j / F_j, \quad (1в)$$

где  $g_j$  — минимально допустимое значение данного параметра.

Тогда в общем случае формула принимает вид:

$$I = \Sigma F_{\text{норм}} = \Sigma F_i / f_i + \Sigma g_j / F_j. \quad (1г)$$

В соответствии с формулами (1а)–(1г), чем больше различных видов опасностей учитывается при расчетах, тем аддитивно выше индекс общей опасности материала, что не всегда верно. Так как в общем случае действие поражающих факторов не является однонаправленным, то и арифметическая сумма слагаемых дает существенно завышенную опасность. Например, общий токсический эффект (смертность) от смеси газов окиси углерода (СО) и хлороводорода (НСl) будет существенно меньше, чем рассчитанный по аддитивности их ПДК, что подтверждено испытаниями на живых организмах (мыши)<sup>2</sup>.

Следовательно, необходимо учитывать возможное взаимодействие между различными критериальными параметрами и выбирать подходящие формулы расчета общей опасности для каждого конкретного случая. Так как весь спектр возможных вариантов в силу большого разнообразия материалов, методов их испытаний и функционального назначения охватить невозможно, можно попытаться классифицировать все разновидности параметров по типам взаимодействия.

Можно выделить следующие наиболее часто встречающиеся основные группы:

1) *однонаправленные* — параметры, поражающие действующие в одном направлении, например токсичные газы одинакового спектра действия;

2) *независимые* — параметры, взаимное влияние которых друг на друга отсутствует, слабо или им можно пренебречь;

3) *зависимые* — параметры, которые с высокой степенью достоверности могут быть рассчитаны один из другого;

4) *параллельные* — оценка поражающего эффекта производится по наихудшему из параметров;

5) *цепленные* — параметры, определяемые последовательно один за другим в различные интервалы времени;

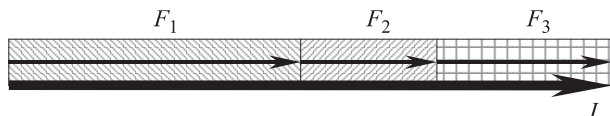
6) *комплексные* — параметры, имеющие различную размерность, но определяемые на основании хода одной и той же экспериментальной кинетической кривой.

<sup>2</sup> Данные были предоставлены канд. техн. наук, ведущим научным сотрудником ВНИИПО МЧС РФ [А. В. Груневым].

Остановимся на характеристиках перечисленных групп подробнее.

**Однонаправленные параметры**

Использование формул типа (1б) – (1г) оправдано при подсчете опасности, возникающей при влиянии однонаправлено вредно воздействующих факторов (рис. 1), например для долей опасных концентраций галогеноводородов (HF, HCl, HBr), выделяющихся при термодеструкции огнезащитенных полимеров.

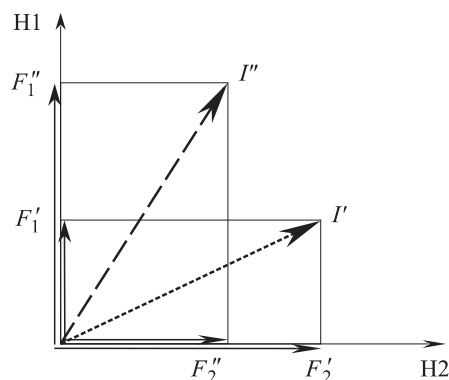


**Рис. 1.** Схема взаимодействия однонаправленных параметров:  $I$  — величина опасности;  $F_1, F_2$  и  $F_3$  — величины определяемых параметров

Если нормируемые характеристики не являются однонаправленными параметрами (например, совместное воздействие галогеноводородов, угарного газа и цианистого водорода), представляется целесообразным использовать другие формулы для расчетов коэффициентов опасности.

**Независимые параметры**

В большинстве видов испытаний одновременно нормируется несколько непосредственно не связанных между собой параметров. Например, при испытаниях авиационных материалов на горючесть<sup>3</sup> при вертикальном положении образца критериями оценки являются: продолжительность остаточного горения (тления) материала после отвода пламени (с), максимальная высота прогорания материала (мм) и продолжительность самостоятельного горения падающих капель (с). Непосредственно величина одного параметра не связана с величиной другого (один материал может очень долго гореть с малой скоростью и в результате длина прогорания будет мала, другой — очень быстро прогорать на большое расстояние и почти мгновенно погасать), а воздействие этих параметров как поражающих факторов различно. Вследствие сказанного определяемые параметры можно отнести к группе “независимых”, хотя, конечно, некоторое взаимодействие между этими параметрами имеется. Схема взаимодействия независимых факторов приведена на рис. 2. Нормированный индекс опасности для независи-



**Рис. 2.** Схема взаимодействия независимых параметров:  $F_1$  и  $F_2$  — измеренные величины опасностей  $H_1$  и  $H_2$ ;  $I$  — общая опасность

мых параметров представляется целесообразным рассчитывать по формуле:

$$I = \sqrt{\sum F_{норм.і}^2} \tag{2}$$

**Зависимые параметры**

Появление и использование зависимых параметров возможно при замене одного метода испытаний на другой (расчет отсутствующих данных для одного вида испытаний на основании имеющихся корреляционных кривых для другого вида испытаний) или при вариациях одного и того же метода испытаний. Пересчет значений зависимых параметров производится по формуле:

$$F_1 = f(F_2), \tag{3}$$

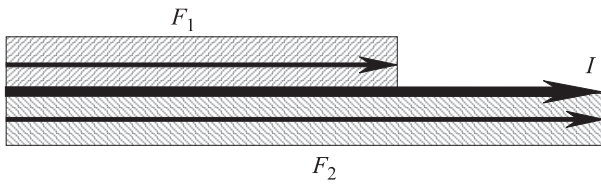
где  $f$  — функциональная зависимость одного параметра от другого.

В каждом конкретном случае функциональные зависимости могут быть различны. Например, имеется экспоненциальная зависимость скорости распространения пламени от давления воздуха и может быть сделан расчет скорости при любом другом давлении, если есть данные при атмосферном давлении [12]. Или, существует прямая пропорциональная зависимость величины кислородного индекса от значений коксового числа и, соответственно, может быть ориентировочно рассчитан кислородный индекс материала по данным его коксообразования [13].

**Параллельные параметры**

Иногда производятся испытания материалов в различных режимах и результаты, являющиеся наихудшими, сравниваются с допустимыми характеристиками (рис. 3). Следовательно, определяемые параметры являются параллельными (не путать с параллельными испытаниями — многократным

<sup>3</sup> Необходимо отметить, что при употреблении одного и того же термина “горючесть” используются различные методы испытаний применительно к строительной (ГОСТ 30244–94) и авиационной (ОСТ 1 90094–79) отраслям.



**Рис. 3.** Схема взаимодействия параллельных параметров:  $I$  — величина опасности;  $F_1$  и  $F_2$  — величины определяемых параметров

определением одной и той же величины на одном или нескольких образцах). Например, определение дымообразующей способности материалов при одной и той же заданной величине внешнего падающего теплового потока проводят в двух режимах (горение и пиролиз); для режима, являющегося наиболее жестким для данного материала, результаты измерений сравниваются с допустимыми значениями.

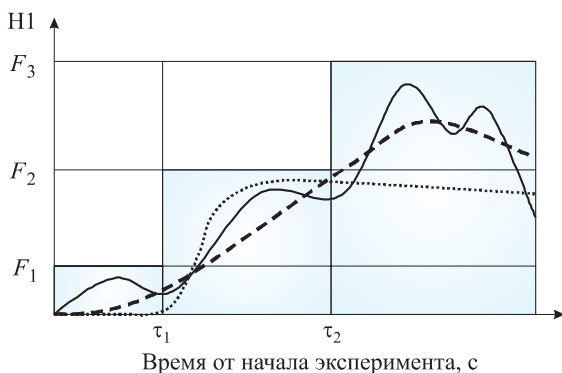
При параллельных параметрах предлагается использовать следующую формулу:

$$I = \max(F_{норм.i}), \quad (4)$$

где  $\max$  — функция выбора максимального (наихудшего) значения из ряда определяемых параметров.

### Сцепленные параметры

В ряде испытаний критериями оценки выступают сцепленные, т.е. последовательно измеряемые показатели. Например, определяющими для дымообразования являются характеристики интенсивности оптической плотности дыма через 2 или 1,5 мин (в зависимости от нормативной документации), либо 4 мин и максимально достигаемая плотность дыма в процессе эксперимента. Цель использования таких “сцепленных” параметров — дискретно последовательно описать область, которую не долж-



**Рис. 4.** Пример использования сцепленных параметров:  $F_1$ ,  $F_2$  и  $F_3$  — допустимые величины определяемых параметров опасности  $H1$

на покидать кинетическая кривая (рис. 4), т.е. в течение времени от начала эксперимента до момента времени  $\tau_1$  все значения кривой не должны превышать величину  $F_1$  параметра  $H1$ , до  $\tau_2$  —  $F_2$ , за все время эксперимента —  $F_3$ .

При определении пожарной опасности, характеризуемой набором сцепленных параметров, представляется целесообразным также использовать формулу (4).

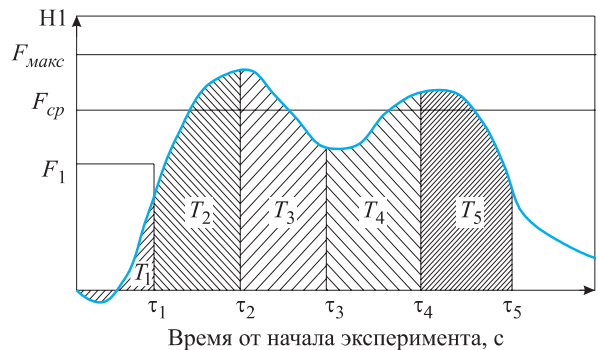
### Комплексные параметры

Для некоторых испытаний в качестве критериев оценки одновременно может использоваться несколько разных характеристик одной кинетической кривой: кроме максимальных значений, которые может достигать кривая за заданные промежутки времени, регламентируются также величины площадей под этой кривой или средних значений за определенный период (рис. 5). Так, при измерении кинетики тепловыделения при горении в соответствии с требованиями Авиационных правил [6] определяющими характеристиками выступают максимальная зарегистрированная скорость тепловыделения за 5-мин период эксперимента ( $\text{кВт}/\text{м}^2$ ) и общее количество выделившегося тепла за первые 2 мин испытания ( $\text{кВт}\cdot\text{мин}/\text{м}^2$ ).

Из анализа рис. 5 можно сделать вывод, что общую опасность материалов, определяемую на основе таких комплексных параметров, целесообразно вычислять аналогично независимым параметрам, т.е. по формуле (2).

В случае сомнений, к какой группе отнести определяемые параметры, расчеты предлагается проводить по наиболее жесткой формуле (1б) – (1в).

Для авиационных материалов сравнение свойств по характеристикам горючести, прожигаемости, дымообразования и тепловыделения предлагается



**Рис. 5.** Схема использования комбинированных параметров:  $H1$  — характеристика вида опасности;  $F_1$ ,  $F_{cp}$  и  $F_{max}$  — допустимые величины определяемых параметров;  $T_1$ ,  $T_2$  и т.д. — площади под кинетической кривой за период времени  $\tau_1$ ,  $\tau_2$  и т.д.



проводить по соответствующим индексам опасности, рассчитываемым по следующим формулам:

$$I_{гор} = \left\{ \max \left[ \left( \frac{\tau_{ост.гор}}{\tau_{доп.ост.гор}} \right)^2 ; \left( \frac{\tau_{гор.капель}}{\tau_{доп.гор.капель}} \right)^2 \right] + \left( \frac{I_{прож}}{I_{доп.прож}} \right)^2 \right\}^{1/2}; \quad (5)$$

$$I_{прож} = \sqrt{\left( \frac{\tau_{ост.гор}}{\tau_{доп.ост.гор}} \right) + \left( \frac{\tau_{доп.прож}}{\tau_{прож}} \right)^2}; \quad (6)$$

$$I_{дым} = \max \left[ \left( \frac{D2}{D2_{доп}} \right), \left( \frac{D4}{D4_{доп}} \right), \left( \frac{D_{макс}}{D_{доп.макс}} \right) \right]; \quad (7)$$

$$I_{тепл} = \sqrt{\left( \frac{HRR_{макс}}{HRR_{доп.макс}} \right)^2 + \left( \frac{THR2}{THR2_{доп}} \right)^2}, \quad (8)$$

где  $I_{гор}$ ,  $I_{прож}$ ,  $I_{дым}$  и  $I_{тепл}$  — индексы приведенной пожарной опасности по горючести, прожигаемости, дымообразованию и тепловыделению соответственно;

$\tau_{ост.гор}$  — продолжительность самостоятельного остаточного горения (тления) после удаления инициирующего пламени, с;

$\tau_{прож}$  — продолжительность времени до сквозного прогорания, с;

$l_{прож}$  — максимальная длина прогорания (повреждения), мм;

$\tau_{гор.капель}$  — продолжительность горения падающих капель, с;

$D2$ ,  $D4$  и  $D_{макс}$  — оптическая плотность дыма за 2, 4 мин и максимально достигаемая в процессе эксперимента соответственно (безразмерные величины);

$HRR_{макс}$  и  $THR2$  — максимальная скорость выделения тепла, кВт/м<sup>2</sup>, и общее количество выделившегося тепла за первые 2 мин эксперимента, кВт·мин/м<sup>2</sup>, соответственно.

Параметры с индексами “доп” относятся к максимально допустимым значениям соответствующих параметров согласно требованиям нормативных документов.

Необходимо обратить внимание, что при проведении испытаний на прожигаемость материал должен выдержать время, не меньшее регламентированного (т.е. чем продолжительнее материал сопротивляется воздействию пламени, тем он более безопасный), поэтому при расчетах используется вариант с обратным отношением полученного и допустимого значений.

Как уже отмечалось выше, дымообразующая способность материалов определяется в двух режи-

мах — при горении и пиролизе; при расчетах используются значения для режима с наихудшими данными.

В настоящее время токсичность продуктов горения не регламентируется федеральными (государственными) авиационными нормами (АП/FAR), однако имеются требования в нормах ведущих авиастроительных компаний (“Boeing”, “Airbus”) по максимально допустимым концентрациям отдельных токсичных газов<sup>4</sup>, образующихся при проведении испытаний в дымовой камере. В соответствии с методом определения соответствия (МОС) требованиям по токсичности [14] дополнительно к ранее действующим нормам летной годности СССР накоплен большой объем данных по токсичности продуктов горения, определенных биологическим методом (по смертности лабораторных животных) [15]. Так как токсичность является важной составляющей поражающей способности пожара, то введение этой характеристики (в том или ином виде) в действующие федеральные авиационные нормы — только вопрос времени и, хочется надеяться, ближайшего времени.

Индексы опасности токсичных продуктов горения предлагается рассчитывать по формулам:

- при определении токсичности биологическим методом:

$$I_{токс} = \frac{PSL_{доп.50}}{PSL_{50}}; \quad (9a)$$

- при измерении концентраций токсичных газов:

$$I_{токс} = \left\{ \left( \frac{[CO]}{[CO]_{доп}} \right)^2 + \left( \frac{[HCN]}{[HCN]_{доп}} \right)^2 + \left( \frac{[SO_2 + H_2S]}{[SO_2 + H_2S]_{доп}} \right)^2 + \left( \frac{\sum [NO_x]}{[NO_x]_{доп}} \right)^2 + \left( \frac{[HCl]}{[HCl]_{доп}} + \frac{[HF]}{[HF]_{доп}} \right)^2 \right\}^{1/2}, \quad (9б)$$

где  $I_{токс}$  — индекс пожарной опасности по характеристике токсичности газообразных продуктов горения;

$PSL_{50}$  — смертельная весовая насыщенность материала, при горении которой выделяющиеся газообразные продукты деструкции вызывают 50%-ную гибель подопытных животных, г/м<sup>3</sup>;

<sup>4</sup> Максимально допустимые значения концентраций токсичных газов в дымовой камере многократно превышают разовые ПДК воздуха рабочей зоны, так как предназначены для определения возможности выживания в случае экстренных событий (пожара) при малом времени экспозиции (как правило, не более 2–5 мин).

[CO], [HCN], [SO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>S], [NO<sub>x</sub>], [HCl] и [HF] — концентрации угарного газа, цианистого водорода, двуокиси серы и сероводорода, окислов азота, хлористого водорода, фтористого водорода соответственно, ppm.

Так как действие таких токсичных газов, как HCl и HF, однонаправленное, то в соответствии с формулой (16) сначала складываются их концентрационные доли, а только потом происходит возведение в степень. В связи с тем, что при определении сернистого газа одновременно с той же интенсивностью измеряется и концентрация сероводорода, то нормируется их совместная концентрация. Аналогичная ситуация при измерении концентраций окислов азота (при горении азотсодержащих материалов образуются в основном NO и NO<sub>2</sub>) — окись азота доокисляется до двуокиси, для которой и производится измерение концентрации.

Предполагается, что характеристики, рассчитываемые по формулам (9а) и (9б), являются зависимыми параметрами, следовательно индексы токсичности, определенные первым или вторым методом, должны быть примерно равны.

Индекс общей пожарной опасности, используемый для сравнения материалов (*ICI* — *Integral Comparative Index*), представляется целесообразным рассчитывать по формуле среднего геометрического:

$$ICI = \sqrt[n]{I_{гор} I_{дым} I_{тепл} I_{токс} I_{прож} \dots} \quad (10a)$$

Полноценное сравнение пожароопасных свойств материалов возможно только при наличии всех однотипных составляющих, т.е. должно быть одинаковое количество идентичных слагаемых и все нормируемые (допустимые) характеристики должны быть одинаковы<sup>5</sup>.

В случае отсутствия данных по какому-либо одному параметру его значение, с известной долей допуска, может быть принято превышающим максимально допустимый уровень и примерно равным 1,5–2,0.

Для ряда материалов определяется не продолжительность остаточного горения (вертикальная ориентация образца, горение снизу вверх), а скорость распространения пламени по горизонтально расположенному образцу. Так как все материалы, распространяющие пламя по горизонтальной поверхности, являются сгорающими, то сравнительный индекс опасности по горючести для горизон-

тального варианта испытаний предлагается рассчитывать по формуле:

$$I_{гор} = \sqrt{1,5^2 + \left( \frac{V_{распр.пламени}}{V_{доп.распр.пламени}} \right)^2}, \quad (56)$$

где  $V_{распр.пламени}$  — скорость распространения пламени по верхней поверхности горизонтально расположенного образца, мм/мин.

При использовании формулы (56) появляется возможность достаточно адекватно сравнивать между собой самозатухающие (вертикальный вариант испытаний на горючесть) и медленно сгорающие (горизонтальный вариант) материалы.

На основании изложенного подхода к комплексной оценке пожарной опасности проведены расчеты для некоторых материалов (см. таблицу). Видно, что индексы опасности как по отдельным видам, так и комплексные могут существенно различаться по абсолютной величине, причем наибольший вклад в величину общей опасности в различных случаях может быть внесен не от одних и тех же видов испытаний.

#### О регламентировании допустимых значений обобщенных характеристик

В настоящее время оценка пожароопасных свойств материалов в основном проводится на основании формулы (4) — как для параллельных параметров, т.е. из всей группы выбирается наихудший показатель и сравнивается с максимально допустимым значением, на основании чего и делается вывод об опасности (безопасности) данного материала и, соответственно, о недопустимости (допустимости) его применения. Такое положение проще реализуемо при выполнении сертификационных испытаний, но не совсем адекватно отражает действительный комплекс свойств материала и совершенно не соответствует задачам сравнения и выбора наилучшего варианта, что является первоначально важным как для разработчика (изготовителя), так и для конечного потребителя товара.

Рассмотрим сказанное подробнее. Если какой-либо материал имеет два или более значения критерийных параметров, равных максимально допустимым величинам, то такой материал в соответствии с требованиями нормативных документов признается менее опасным, чем материал с одним значением параметра, несколько большим максимально допустимой величины, и остальными, имеющими нулевые значения. Поясним сказанное на схеме (рис. 6).

Допустим, имеется две не связанных между собой характеристики, по которым производится оценка опасности в соответствии с определенным видом испытаний — Н1 и Н2. Рассмотрим три случая.

<sup>5</sup> В зависимости от функционального назначения материала (элемента конструкции) допустимые критериальные характеристики ( $f_i$  или  $g_j$ ) могут существенно различаться. Поэтому для сравнения различных материалов при расчетах  $F_{норм}$  всегда необходимо использовать одни и те же значения  $f_i$  или  $g_j$ .

Примеры расчета индексов пожарной опасности для некоторых авиационных материалов

Наименование материала	Показатели пожарной опасности и их значения [16]	Допустимые значения	Номер расчетной формулы	Индекс пожарной опасности
Ткань декоративная состава: шерсть 40%, капрон + ацетохлорин 60%	Горючесть: $\tau_{ост.гор} = 8$ с $l_{прог} = 95$ мм $\tau_{гор.капель} = 0$	15 203 5	(5)	0,71
	Дымообразование*1 Режим пиролиза: $D2 = 100$ $D4 = 122$ Режим горения: $D2 = 97$ $D4 = 138$	100 200	(4), (7)	1,00
	Тепловыделение	Не нормируется	—	1,5 (а) 0 (б)
	Токсичность*2: $PSL_{50} = 14$ г/м <sup>3</sup>	$10^{*3}$	(9а)	0,71
	Токсичность Режим горения: [HCN] = 20 ppm [CO] = 50 ppm [NO <sub>x</sub> ] = 20 ppm [SO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> S] = 0 [HF] = 0 [HCl] = 100 ppm	150*4 1000 100 100 100 150	(9б)	0,71*5
<b>Комплексные индексы:</b>				
	<b>ICI</b>	(10а)	<b>0,93</b>	
	<b>IRI</b>	(10б)	<b>1,42</b>	
Напольный ковровый материал состава: ворс — шерсть с антипиреном, основа — хлопок, джут	Горючесть: $\tau_{ост.гор} = 1$ с $l_{прог} = 68$ мм $\tau_{гор.капель} = 0$	15 203 5	(5)	0,34
	Дымообразование Режим пиролиза: $D2 = 46$ $D4 = 105$ Режим горения: $D2 = 64$ $D4 = 214$	100 200	(4), (7)	1,07
	Тепловыделение	Не нормируется	—	1,5 (а) 0 (б)
	Токсичность*6 Режим пиролиза: [HCN] = 15 ppm [CO] = 10 ppm [NO <sub>x</sub> ] = 2 ppm [SO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> S] = 10 ppm [HF] = 0 [HCl] = 0 Режим горения: [HCN] = 30 ppm [CO] = 50 ppm [NO <sub>x</sub> ] = 20 ppm	150 1000 100 100 100 150 150 1000 100	(4), (9б)	0,35
	<b>Комплексные индексы:</b>			
	<b>ICI</b>	(10а)	<b>0,73</b>	
	<b>IRI</b>	(10б)	<b>2,08</b>	

Продолжение таблицы

Наименование материала	Показатели пожарной опасности и их значения [16]	Допустимые значения	Номер расчетной формулы	Индекс пожарной опасности
	[SO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> S] = 20 ppm [HF] = 0 [HCl] = 0	100 100 150		
<b>Комплексные индексы:</b>				
	<b>ICI</b>	(10а)	<b>0,66</b>	
	<b>IRI</b>	(10б)	<b>1,18</b>	
Лента техническая капроновая	Горючесть: $V_{распр.пл} = 45$ мм/мин	63	(5б)	1,66 (а) 0,71 (б)
	Дымообразование Режим пиролиза: $D2 = 8$ $D4 = 126$ Режим горения: $D2 = 15$ $D4 = 15$	100 200	(4), (7)	0,63
	Тепловыделение	Не нормируется	—	1,5 (а) 0 (б)
	Токсичность: $PSL_{50} = 4,4$ г/м <sup>3</sup>	10	(9а)	2,27
	<b>Комплексные индексы:</b>			
	<b>ICI</b>	(10а)	<b>1,37</b>	
	<b>IRI</b>	(10б)	<b>2,46</b>	
Трехслойная сотовая панель на фенольном связующем. Декор — пленка Airdec-F1 (ПВХ + ПВХФ)	Горючесть: $\tau_{ост.гор} = 1$ с $l_{прог} = 40$ мм $\tau_{гор.капель} = 0$	15 152 3	(5)	0,27
	Дымообразование Режим пиролиза: $D2 = 50$ $D4 = 75$ Режим горения: $D2 = 98$ $D4 = 105$	100 200	(4), (7)	0,98
	Токсичность*7 Режим горения: [HCN] = 10 ppm [CO] = 300 ppm [NO <sub>x</sub> ] = 10 ppm [SO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> S] = 10 ppm [HF] = 70 ppm [HCl] = 120 ppm	150 1000 100 100 100 150	(9б)	1,12
	Тепловыделение: Пик = 48 кВт/м <sup>2</sup> Общее за 2 мин = 39 кВт·мин/м <sup>2</sup>	65 65	(8)	0,95
	<b>Комплексные индексы:</b>			
	<b>ICI</b>	(10а)	<b>0,73</b>	
	<b>IRI</b>	(10б)	<b>2,08</b>	

Продолжение таблицы

Наименование материала	Показатели пожарной опасности и их значения [16]	Допустимые значения	Номер расчетной формулы	Индекс пожарной опасности
Стеклопластик (связующее — полиэфирсульфон)	Горючесть: $\tau_{ост.гор} = 1$ с $l_{проз} = 44$ мм $\tau_{гор.капель} = 0$	15 152 3	(5)	0,30
	Дымообразование Режим горения: $D2 = 0$ $D4 = 1$	100 200	(4), (7)	0,005
	Токсичность Режим горения: [HCN] = 0 ppm [CO] = 200 ppm [NO <sub>x</sub> ] = 0 ppm [SO <sub>2</sub> +H <sub>2</sub> S] = 7 ppm [HF] = 0 ppm [HCl] = 0 ppm	150 1000 100 100 150	(96)	0,21
	Тепловыделение: Пик = 20 кВт/м <sup>2</sup> Общее за 2 мин = 2 кВт·мин/м <sup>2</sup>	65 65	(8)	0,31
<b>Комплексные индексы:</b>				
	<b>ICI</b>		(10a)	0,10
	<b>IRI</b>		(10б)	0,48

\*<sup>1</sup> Определяется по ГОСТ 24632–81.  
\*<sup>2</sup> По данным [15].  
\*<sup>3</sup> В соответствии с требованиями [14].  
\*<sup>4</sup> В соответствии с требованиями АИТМ 3.0005 (“Airbus”) допустимые концентрации токсичных газов через 4 мин испытания в дымовой камере ASTM E-662.  
\*<sup>5</sup> Точное совпадение индексов токсичности, определенных по разным методикам, по всей вероятности является случайным. Предполагалось, что совпадение должно составлять 80–90%.  
\*<sup>6</sup> Результаты предоставлены ООО /Компания ПИРСС”. Испытания проведены фирмой “Siemens”, Германия.  
\*<sup>7</sup> По данным информационного листка “Airvolt composites” фирмы “Isovolta AG”, Австрия.

В первом случае (') обе характеристики имеют максимально допустимые значения  $F'_1$  и  $F'_2$ . С учетом существующих требований материал с такими характеристиками признается соответствующим нормам. Величина индекса комплексной опасности больше единицы. Во втором случае (") обе характеристики значительно меньше допустимых значений и этот материал бесспорно лучше первого. Величина индекса комплексной опасности меньше единицы. В третьем случае ("" значение первой характеристики несколько превышает допустимый уровень, но величина второй существенно меньше его. Индекс комплексной опасности варианта (""

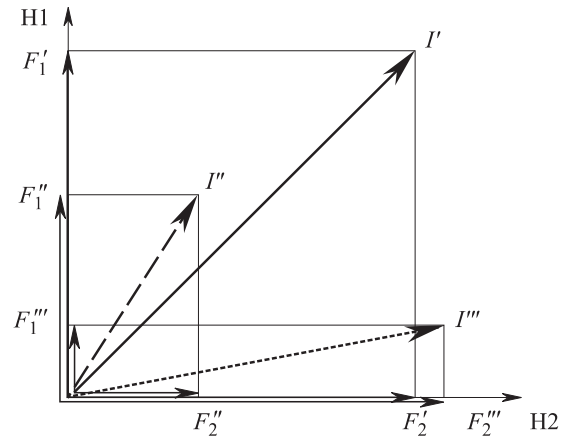


Рис. 6. Схема взаимоотношений индексов пожарной опасности:  $F_1$  и  $F_2$  — измеренные величины опасностей H1 и H2;  $I$  — общая опасность

больше единицы, но меньше, чем для варианта ('), т.е. ( $I''' < I'$ ).

В соответствии с существующими требованиями материал ("" признается не отвечающим нормам и не может быть допущен к использованию. Так как  $I' > I'''$ , то следует считать, что принятое решение о допустимости применения материала (') не является однозначно правильным. Следовательно, необходимо уточнение нормативных требований с введением максимально допустимой величины комплексного индекса пожарной опасности, позволяющей отбраковывать материалы с характеристиками типа (').

В общем случае пожарная опасность зависит от функционального назначения материалов и определяется видом регламентируемых характеристик. Индекс регламентируемой комплексной пожарной опасности материала ( $IRI$  — *Integral Regulate Index*) предлагается рассчитывать по формуле:

$$IRI = \sqrt{I_{гор}^2 + I_{дым}^2 + I_{тепл}^2 + I_{токс}^2 + I_{прож}^2 + \dots} \quad (10б)$$

Чем большее количество составляющих параметров учитывается, тем выше получается величина рассчитываемого по формуле (10б) индекса. При введении требований к максимально допустимой величине индекса существуют два варианта.

В первом случае допускается использование материала с величиной комплексного индекса опасности больше единицы. Предлагается, что условиям безопасности отвечает допустимый комплексный индекс общей опасности, составляющий не более 70–80% максимального, когда все составляющие индивидуальные индексы равны единице. Тогда:

$$I_{дон} \approx 0,75\sqrt{n}, \quad (11a)$$

где  $I_{дон}$  — максимальное допустимое значение общего комплексного индекса;



$n$  — количество индивидуальных индексов, принимаемых в расчет (т.е.  $I_{доп} = 1,1; 1,3; 1,5; 1,7; 1,8$  и т.д. при  $n = 2, 3, 4, 5, 6$  и т.д. соответственно).

Другой, более предпочтительный, на взгляд авторов, вариант — использование весовых коэффициентов, т.е. при определении комплексного индекса пожарной опасности значения индивидуальных индексов складываются с учетом различных (индивидуальных) коэффициентов, учитывающих вклад каждого показателя в общую пожарную опасность (например: 0,6 для горючести, 0,5 для дымообразования, 0,4 для токсичности). Таким образом, формула (10б) должна быть несколько видоизменена:

$$IRI = [k_{гор} I_{гор}^2 + k_{дым} I_{дым}^2 + k_{тепл} I_{тепл}^2 + k_{токс} I_{токс}^2 + k_{прож} I_{прож}^2 + \dots]^{1/2}, \quad (10в)$$

где  $k_{гор}$ ,  $k_{дым}$ ,  $k_{тепл}$ ,  $k_{токс}$ ,  $k_{прож}$  — весовые коэффициенты при индексах горючести, дымообразования, тепловыделения, токсичности и прожигаемости соответственно.

Величины индексов для каждого вида испытаний могут быть различны в зависимости от функционального назначения материала. Например: для панелей стен  $k_{тепл} = 0,6$ , а для привязных ремней

$k_{тепл} = 0,1$ ; для багажных отсеков  $k_{токс} = 0,1$ , а для материалов интерьера пассажирских салонов  $k_{токс} = 0,4$  и т.д. Предлагается сумму всех коэффициентов, стоящих перед индивидуальными индексами, рассчитывать по формуле:

$$\sum k_i \approx \sqrt{0,75n}. \quad (11б)$$

В этом случае максимальное допустимое значение комплексного индекса общей опасности (при соответствии материала нормам) должно быть принято равным единице.

### Выводы

Предложенный подход к оценке комплексной величины пожарной опасности позволяет обоснованно осуществлять сопоставление различных материалов и типовых конструкций на их основе.

На основании проведенного анализа представляется целесообразным рассмотреть необходимость введения в нормативные документы дополнительных требований, регламентирующих не только отдельные значения характеристик, но и допустимое максимальное значение комплексного индекса общей опасности и методику его расчета.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **СНиП 21-01-97\***. Пожарная безопасность зданий и сооружений.
2. **ГОСТ 30244-94**. Материалы строительные. Методы испытаний на горючесть.
3. **ГОСТ 30402-96**. Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость.
4. **ГОСТ Р 51032-97**. Материалы строительные. Метод испытания на распространение пламени.
5. **ГОСТ 12.1.044-89**. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.
6. **Авиационные правила**. Глава 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории : утв. Межгос. авиационным комитетом. — Л. : Изд-во ЛИИ им. М. М. Громова, 1994. — 322 с.
7. **Airworthiness Standards**; Transport Category Airplanes, DOT/FAA, Federal Aviation Regulations, Part 25.
8. **ATS 1000.001**. Fire-Smoke-Toxicity (FST) Test Specification, Airbus Industrie Technical Specification, 1979.
9. **Нормы летной годности** гражданских самолетов СССР. — Изд. 3-е. — 1984.
10. **Speitel, L. C.** Toxicity Assessment of Combustion Gases and Development of a Survival Model / L. C. Speitel // DOT/FAA/AR-95/5.
11. **Шафран, Л. М.** Гармонизация методов оценки токсичности продуктов горения полимеров с международными требованиями [Электронный ресурс] / Л. М. Шафран, И. А. Харченко // <http://www.medved.kiev.ua/arhiv mg/st 2003/03 3 2.htm>.
12. **Лалаян, В. М.** / В. М. Лалаян, Н. А. Халтуринский, Ал. Ал. Берлин // Высокомолекулярные соединения. — 1979. — Т. 21А, № 4. — С. 11-13.
13. **Vankrevelen, D. W.** // Polymer. — 1975. — Vol. 16, № 8. — P. 615-621.
14. **Методические указания** по оценке сравнительной токсичности авиационных полимерных материалов при горении. — Утв. М-вом здравоохранения, М-вом гражданской авиации СССР ; согл. М-ом авиационной промышленности. — М. : ВИАМ, 1983.
15. Токсикологические и санитарно-химические характеристики полимерных материалов при горении : справочно-методическое пособие. — М. : ВИАМ, 1985. — 185 с.
16. **Барботько, С. Л.** Пожаробезопасность авиационных материалов и элементов конструкций: справочник / С. Л. Барботько, В. Н. Воробьев ; под общ. ред. Е. Н. Каблова. — М. : ВИАМ, 2007. — 543 с.

Материал поступил в редакцию 10.09.08.

© Барботько С. Л., Голиков Н. И., 2008 г. (тел. +7 (495) 263-89-13).

**От редакции:** о статье Барботько С.Л. и Голикова Н.И. «О комплексной оценке пожарной опасности материалов».

Публикуя статью известных специалистов в области исследования пожарной опасности материалов, редколлегия журнала не согласна с выводами, содержащимися в статье, о необходимости введения в нормативные документы комплексного индекса пожарной опасности материалов.

Учитывая значимость поднятой авторами статьи темы, редакция сочла необходимым предоставить возможность изложения иной точки зрения на данную проблему.

## “О КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКЕ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ МАТЕРИАЛОВ”

**Д. В. Трушкин**, канд. техн. наук, доц. кафедры пожарной безопасности Московского государственного строительного университета

В настоящее время в Федеральном законе “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности” в табл. 3 впервые введены так называемые классы пожарной опасности строительных материалов, зависящие от свойств их пожарной опасности (горючести, воспламеняемости, распространения пламени по поверхности покрытия полов, дымообразующей способности и токсичности продуктов горения), а в табл. 28 установлена область применения декоративно-отделочных, облицовочных материалов и покрытий полов на путях эвакуации зданий различного функционального назначения.

Это, по сути, все, что было сделано в нашей стране за 10 лет с момента введения в 1998 г. системы комплексной оценки пожарной опасности строительных материалов в СНиП 21-01-97\* “Пожарная безопасность зданий и сооружений”. Несмотря на простоту предложенной усовершенствованной системы комплексной оценки пожарной опасности, обоснованность введения классов пожарной опасности строительных материалов, а также различие в реальной пожарной опасности строительных материалов, принадлежащих разным классам пожарной опасности, как обычно остались “за кадром”.

Вместе с тем проблема комплексной оценки различных материалов, использующихся в различных сферах (в строительстве, на транспорте и т.д.), действительно остается актуальной, так как невозможно точно предсказать, какой материал с каким набором пожарно-технических характеристик является более пожароопасным. Отчасти это связано с тем, что для определения каждой из групп пожарной опасности используются различные испытательные установки с разными физическими моделями.

Наличие отдельных методик определения каждого из показателей пожарной опасности не позволяет в полной мере выявить их взаимные связи. Эта проблема также усугубляется тем, что в действующих методиках не предусмотрено исследование влияния различных внешних факторов на определяемую пожарно-техническую характеристику.

Каждая стандартная методика испытаний направлена на определение максимально возможного проявления отдельно взятой пожарно-технической характеристики материала в специальных условиях, но именно эти характеристики существующая система комплексной оценки использует в настоящее время для нормирования применения строительных материалов в зданиях различного функционального назначения.

Вместе с тем очевидно, что потенциальная пожарная опасность материала не может проявиться в условиях пожара одновременно максимально по всем пожарно-техническим показателям, поэтому такая система оценки будет приводить во многих случаях к необоснованному завышению требований пожарной безопасности.

В общем виде пожарную опасность строительных материалов ( $\Phi_{ijklm}$ ), основанную на действующей в настоящее время системе комплексной оценки, можно представить в виде функции, зависящей от совокупности пожарно-технических характеристик:

$$\Phi_{ijklm} = f(\Gamma_i, PP_j, B_k, T_l, D_m).$$

Очевидно, что максимальная пожарная опасность строительных материалов в принятой классификации будет определяться значением функции:

$$\max(\Phi_{ijklm}) = \Phi_{44343} = f(\Gamma_4, PP_4, B_3, T_4, D_3),$$

минимальная —

$$\min(\Phi_{ijklm}) = \Phi_{11111} = f(\Gamma_1, PP_1, B_1, T_1, D_1).$$

Основную сложность представляет здесь ранжирование по степени пожарной опасности строительных материалов с промежуточными значениями пожарно-технических характеристик. Например, какой материал считать более опасным — со значением  $\Phi_{34332} = f(\Gamma_3, PP_4, B_3, T_3, D_2)$  или со значением  $\Phi_{43243} = f(\Gamma_4, PP_3, B_2, T_4, D_3)$  — и стоит ли, например, принимать во внимание при комплексной оценке пожарной опасности материалов для

покрытия полов группу горючести, определенную по методике, где испытываются вертикально ориентированные образцы.

При оценке пожарной опасности строительных материалов на основе анализа совокупности классификационных групп пожарно-технических характеристик  $\Phi_{ijklm} = (G_i, PП_j, B_k, T_l, D_m)$ , отражающих различные аспекты пожарной опасности, возникают также проблемы “скачкообразного” увеличения пожарной опасности строительных материалов на границах каждой из групп и оценки пожарной опасности материалов внутри диапазона, ограниченного классификационными показателями, в пределах которого считается, что пожарная опасность строительных материалов остается постоянной.

В европейской системе пожарного нормирования, в частности в экспериментальном методе “Room Corner Test” (“Угол комнаты”) по EN 13283, предназначенном для определения пожарной опасности отделочных и облицовочных строительных материалов, данная проблема в какой-то мере преодолевается определением в одном методе сразу нескольких пожарно-технических показателей: воспламеняемости, горючести (интенсивности тепловыделения и количества выделенной теплоты), дымообразующей способности и токсичности продуктов горения. Такой метод определения комплексной пожарной опасности несомненно является более корректным, так как общеизвестно, что все пожарно-технические характеристики, определяемые в условиях испытаний, взаимосвязаны между собой и способны оказывать влияние друг на друга. Так, например, способность материала к горению во многом определяет его способность к распространению пламени по поверхности и наоборот, так как обе эти характеристики определяют интенсивность тепловыделения. Интенсивность тепловыделения и количество выделяемой теплоты влияют на дымообразование и образование летучих токсичных продуктов сгорания и т.д.

Именно поэтому неоднократные попытки объединить при комплексной оценке в единый критерий все показатели пожарной опасности, полученные для материала по отдельно взятым испытательным методикам, вряд ли имеют четкий физический смысл и являются своеобразной попыткой связать различные, пусть даже обезразмеренные и линеаризованные (нормированные), но, по сути, независимые исходные параметры в единую интегральную функцию. В вашей статье, в частности, такой функцией является так называемый индекс пожарной опасности.

Вместе с тем в вашей же статье указывается на то, что “необходимо учитывать возможное взаимодействие между критериальными параметрами и выбирать подходящие формулы расчета для каждого конкретного случая”. Данное утверждение, во-первых, уже исключает универсальность предложенной вами системы комплексной оценки, а во-вторых, так и оставляет нерешенным вопрос о том, как же все-таки учитывать это возможное взаимодействие, которое может проявляться как между пожарно-техническими характеристиками во время возникновения и развития пожара, так и при воздействии всей совокупности продуцируемых ими опасных факторов пожара на организм человека.

В настоящее время установлены критические значения влияния опасных факторов пожара на человека, но при этом никогда не определялось, каким образом учитывать степень опасности воздействия на организм человека одновременно нескольких опасных факторов, когда ни один из этих факторов еще не достиг своего критического значения.

Исключение здесь составляет определение суммарного токсического воздействия от различных токсикантов на организм человека на основе так называемой модели фракционной эффективной дозы (ФЭД) или модели TV-газов, впервые предложенное в нашей стране в публикации Иличкина В. С., Смирнова Н. В., Зайцева А. А. и др. “Актуальность и направленность переработки ГОСТ 12.1.044–89 в части определения показателя токсичности продуктов горения материалов” (Материалы XVI научно-практической конференции “Крупные пожары: предупреждение и тушение”. — М.: ВНИИПО МВД РФ, 2001. — С. 196–197).

Предложенная вами система определения индексов пожарной опасности для различных авиационных материалов несомненно представляет интерес как научная публикация, но в ней, к сожалению, как и во многих других работах на эту тему, на наш взгляд, также не решены проблемы, стоящие перед комплексной оценкой пожарной опасности материалов.

Решение данных проблем состоит не только в разработке оптимального математического аппарата, позволяющего более-менее адекватно сравнивать пожарную опасность различных материалов на основе параметров, полученных по результатам отдельно взятых испытаний, но и в возможности учитывать прежде всего физико-химическую сущность процессов, происходящих с материалом во время возникновения и развития пожара.

*Материал поступил в редакцию 20.11.08.*

© Трушкин Д. В., 2008 г. (тел. +7 (495) 583-39-66).

**Н. М. Бессонов**

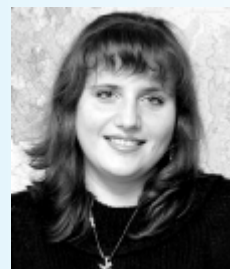
д-р физ.-мат. наук,  
профессор Института  
проблем машиноведения  
Российской академии наук

**Т. Ю. Еремина**

д-р техн. наук, старший науч-  
ный сотрудник Академии  
Государственной противопо-  
жарной службы МЧС РФ

**М. В. Гравит**

заместитель генерального дирек-  
тора по науке ООО “Научный  
Инновационный Центр Строи-  
тельства и Пожарной Безопасности”

**Ю. Н. Дмитриева**

заместитель генерального директо-  
ра по производству ООО “Научный  
Инновационный Центр Строи-  
тельства и Пожарной Безопасности”

УДК 614.841:620.197.6

## МЕТОД И ПРОГРАММА РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ПРОГРЕВА СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ПОКРЫТЫХ ОГНЕЗАЩИТНОЙ ВСПУЧИВАЮЩЕЙСЯ КРАСКОЙ “ТЕРМА”

Разработана методика расчета слоев вспучивающегося огнезащитного состава для различных типоразмеров металлоконструкций. Применяемая модель позволяет учитывать влияние основных теплофизических параметров огнезащитного состава на его эффективность. В качестве условия потери образцом несущей способности ( $R$ ) принят момент достижения температурой наружной поверхности стенки профиля ее критического значения ( $T_{кр} = 500^\circ\text{C}$ ).

**Ключевые слова:** вспучивающийся огнезащитный состав, время прогрева, тип стальной конструкции.

Огнезащита стальных конструкций выполняется с целью повышения их огнестойкости, показателем которой является предел огнестойкости. Фактический предел огнестойкости для незащищенных и защищенных облицовкой металлоконструкций можно определить, используя известную в пожарно-технической практике методику, разработанную в середине прошлого века во ВНИИПО МВД России д-ром техн. наук, профессором А. И. Яковлевым, для реализации которой создана программа расчета для ПК [1].

Тем не менее для современных вспучивающихся огнезащитных составов до настоящего времени не существует нормативных документов, определяющих методы расчета пределов огнестойкости с учетом их применения на различные типоразмеры стальных конструкций, отсутствует и стандартизированный метод расчета прогрева стальных конструкций со вспучивающимися покрытиями. Руководящим документом в этом вопросе остается Информационное письмо МВД РФ ГУГПС от 15.12.1998 г. “О методах расчета” [2], в котором разрешается “использование в проектах огнезащиты расчетных методик по огнезащите, разработанных организациями, имеющими лицензию на проведение работ по огнезащите”.

Напомним, что огнезащитные краски представляют собой сложную многофазную систему, пере-

ходящую в процессе нагрева из одного состояния в другое: в начальной стадии вспучивающийся состав представляет собой плотное вещество (сухая пленка толщиной от 0,2 до 2,3 мм); при нагреве за счет внутреннего газовыделения, которое может сопровождаться выделением или поглощением тепла, состав превращается в пористое вещество, состоящее из двух фаз, — однородного твердого “скелета” и газов, заполняющих поры.

В то время, как методики моделирования теплопереноса в обычных (невспучивающихся) материалах при пожарах разработаны к настоящему времени достаточно подробно, например [1, 3–5], эти проблемы применимо к вспучивающимся огнезащитным материалам исследованы пока не полностью. Большой вклад в развитие моделей и методик моделирования процессов тепло- и массопереноса во вспучивающихся материалах внесли Г. Н. Исаков, А. Я. Кузин, В. Л. Страхов, А. Н. Гаращенко и ряд других исследователей [6–11].

В настоящей работе приводится расчетный метод, предназначенный для решения задачи определения времени прогрева строительных конструкций до критической температуры ( $500^\circ\text{C}$ ) при использовании вспучивающихся составов на примере огнезащитной краски “Терма” (ТУ 2316-020-47935838–2003 с изм. 1).



Предполагается, что защищаемые металлоконструкции имеют вытянутую форму (двутавр, швеллер, труба) и процесс тепло- и массопереноса в них можно рассматривать в двумерной постановке.

Перенос тепла описывается нестационарным уравнением теплопроводности:

$$c_p \rho \left( \frac{\partial T}{\partial t} + v_x \frac{\partial T}{\partial x} + v_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \Phi, \quad (1)$$

где  $T$  — температура, °С;

$t$  — время, с;

$v_x, v_y$  — проекция скорости движения состава в момент вспучивания на ось  $x$  и  $y$  соответственно, м/с;

$\rho$  — плотность, кг/м<sup>3</sup>;

$c_p$  — коэффициент удельной теплоемкости, Дж/(кг·К);

$\lambda$  — коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);

$\Phi$  — внутреннее тепловыделение, Вт/м<sup>3</sup>.

Граничное условие на обогреваемой поверхности расчетной области задавалось в виде:

$$\lambda \frac{\partial T}{\partial n} = \alpha_g (T_g - T), \quad (2)$$

где  $n$  — внешняя нормаль к поверхности;

$\alpha_g$  — коэффициент теплоотдачи при пожаре, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$T_g$  — внешняя температура пожара, °С.

Изменение внешней температуры пожара во времени задавалось зависимостью “стандартный пожар”:

$$T_g = 345 \lg(0,133t + 1) + 273 \quad (3)$$

при коэффициенте теплоотдачи, заданном зависимостью [1]:

$$\alpha_g = 29 + 3,9 \cdot 10^{-8} \frac{(T_g + 273)^4 - (T + 273)^4}{T_g - T}. \quad (4)$$

Для численного решения уравнений (1)–(4) использовался метод конечных объемов, реализованный на неравномерной ортогональной разностной сетке (см., например, [9–10]). В начальный момент времени части ячеек сетки присваивались характеристики или металла (в случае незащищенной составом поверхности металла), или состава до вспучивания в соответствии с геометрией рассчитываемой конструкции. Остальные ячейки сетки изначально оставались пустыми.

По мере прогревания температура в ячейках разностной сетки, занятых составом, начинает до-

стигать температуры вспучивания  $T_{всп}$ . При этом состав расширяется в несколько раз в соответствии с заданной кратностью вспучивания состава  $k$  и начинает заполнять окружающее пространство (пустые ячейки). В нашем случае при вспучивании состава нет встречного противодействия. Каждой ячейке  $(i, j)$  ставится в соответствие переменная  $k_{i,j}$  для хранения информации о степени заполненности данной ячейки веществом. В начальный момент времени для всех ячеек, заполненных составом, задается  $k_{i,j} = 1$ , для пустых ячеек —  $k_{i,j} = 0$ . При достижении в ячейке, заполненной еще не вспученным составом,  $T_{всп}$  полагается  $k_{i,j} = k$ .

Для моделирования процесса перемещения вспученного состава на каждом временном шаге применяется следующий алгоритм.

1. Осуществляется поиск ячеек, где имеет место условие  $k_{i,j} > 1$ . Это означает, что в такой ячейке состав перешел во вспученное состояние и его надо распределить по соседним ячейкам (а из этих соседних ячеек, возможно, потребуется перераспределить вещество далее, до тех пор, пока во всех ячейках не будет выполняться условие  $k_{i,j} \leq 1$ ).

2. Для ячейки, где  $k_{i,j} > 1$ , рассматриваются последовательно все соседние с ней ячейки. Проверяется выполнение условия: ячейка  $(i+1, j)$  или пустая, или содержит уже вспученный состав, т.е.  $k_{i,j} > k_{i+1,j}$ . При выполнении этого условия переносят часть избыточной массы из ячейки  $(i, j)$  в ячейку  $(i+1, j)$ , чтобы выполнялись условия  $k_{i,j} = k_{i+1,j}$  либо  $k_{i,j} = 1$  и  $k_{i,j} < 1$ . При невыполнении этих условий переходят к п. 1.

Отметим также, что размер разностной сетки в начальный момент времени должен быть взят “с запасом”, т.е. таким, чтобы сетка включала в себя, помимо расчетной конструкции, и достаточное количество окружающих конструкцию пустых ячеек, которые в дальнейшем будут заполняться вспучиваемым составом.

Для осуществления расчетов огнезащитных свойств состава необходимо задать, в том числе, и величину коэффициента теплопроводности состава после вспучивания (образовавшегося пенококка), определение которого представляет собой дополнительную задачу. При температурах, меньших  $T_{всп}$ , теплопроводность состава может быть определена или по справочным данным, или стандартным измерением этой величины. Однако основная теплофизическая характеристика состава, которая влияет на его огнезащитные свойства, — это коэффициент теплопроводности пенококка  $\lambda_2$ . Проведение прямого экспериментального измерения величины  $\lambda_2$  связано с большими трудностями: помимо высоких температур, состав во вспученном состоянии представляет собой пористую

вязкую и очень непрочную субстанцию. Этому вопросу посвящен ряд работ. Так, в публикации [9] изложен метод, в котором для численных расчетов характеристик материалов сочетаются математическое моделирование и лабораторно-стендовые испытания. В работах [10, 11] пористая среда рассматривается как структура, которую можно представить в виде периодически повторяющейся совокупности одной или нескольких характерных элементарных ячеек пространства. Ячейка представляет собой воздушную полость, окруженную твердыми стенками. Численным моделированием теплопереноса через такую ячейку сначала определяется эффективный коэффициент теплопроводности элементарной ячейки при различных сочетаниях теплофизических и геометрических параметров, а затем рассчитывается коэффициент эффективной теплопроводности всей пористой среды.

Для определения теплофизических свойств огнезащитной вспучивающейся краски “Терма” использовались многочисленные экспериментальные данные по прогреву стальных колонн согласно НПБ 236–97 “Огнезащитные составы для стальных конструкций. Общие требования. Метод определения огнезащитной эффективности”, полученные в ИЛ НИЦ ПБ ФГУ ВНИИПО МЧС России.

На основе описанной методики при сопоставлении результатов расчета с экспериментальными данными удалось определить теплофизические характеристики состава “Терма” —  $T_{всн}$ ,  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$ . Экспериментальная зависимость температуры от времени также позволила определить указанные характеристики последовательно (в противном случае нельзя было бы исключить возможность существования нескольких решений этой задачи). На начальном этапе нагрева использовалась первая часть экспериментальной кривой, расположенной в интервале по времени от 0 до 4 мин с начала эксперимента. Сопоставление результатов расчета и эксперимента на указанной части кривой позволило определить значение  $\lambda_1$ . После этого подбирались величина  $\lambda_2$ , обеспечивающая наибольшее совпадение расчета и эксперимента на оставшейся (второй) части кривой. Значение  $T_{всн}$  определялось из условия обеспечения наилучшей плавной стыковки первой и второй частей кривой. Получены значения:  $T_{всн} = 210^\circ\text{C}$ ,  $\lambda_1 = 0,1 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ,  $\lambda_2 = 0,08 + 0,00015T$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ . Результаты сопоставления эксперимента, например согласно данным отчетов о сертификационных испытаниях № 4407 (45 мин) и № 4984 (60 мин), и расчета при указанных характеристиках состава представлены на рис. 1.

Совпадение результатов расчета (в такой постановке уже имеющего полное основание называться

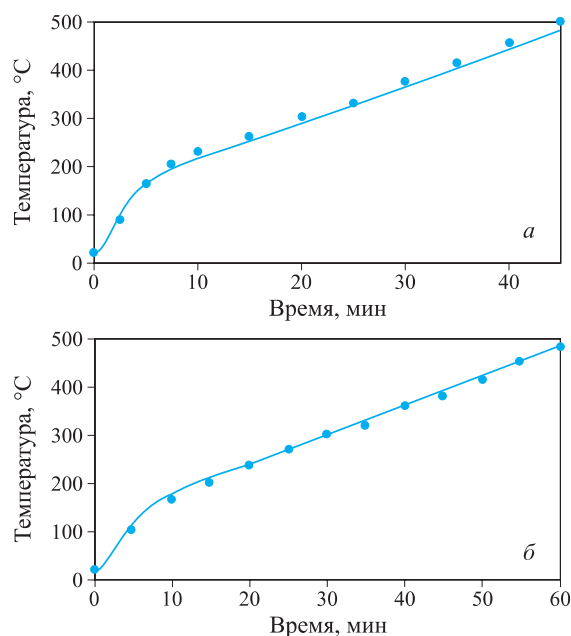


Рис. 1. Сопоставление результатов эксперимента (●) и расчета (—) для состава “Терма”; средние температурные кривые прогрева двух образцов колонн: а — 45 мин; б — 60 мин

прогнозом) и эксперимента (см. рис. 1) показывает, что в рамках имеющегося ограниченного экспериментального материала удалось, тем не менее, достаточно точно определить теплофизические характеристики состава “Терма”.

Остальные теплофизические характеристики принимались следующими:

- для углеродистой стали:  
 $\rho = 7800 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;  $c_p = 500 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ;  
 $\lambda = 35\text{--}25 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$  при  $T = 20\text{--}500^\circ\text{C}$  [12];
- для состава “Терма” (определялись экспериментально в лабораторных условиях):  
 $\rho = 1800 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;  $c_p = 1000 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ ;  
 $k = 40$  (согласно данным производителя — ООО “НИЦ С и ПБ”).

На рис. 2 показано изменение толщины слоя состава в процессе расчета на примере двутавра Б120 (ГОСТ 26020–83) через определенные моменты времени под воздействием стандартного пожара (с учетом двойной симметрии поля температуры в данном случае показана 1/4 часть расчетной области).

Как показал расчет (см. рис. 2), в выбранных условиях вспучивание началось на 1,5 мин на острых кромках двутавра. Далее фронт вспучивания начинает распространяться вдоль его поверхности (моменты времени с 1,5 по 2,0 мин) и, наконец, на момент времени 2,7 мин вспучившийся состав полностью покрывает поверхность двутавра. Затем продолжается вспучивание внутренней части состава

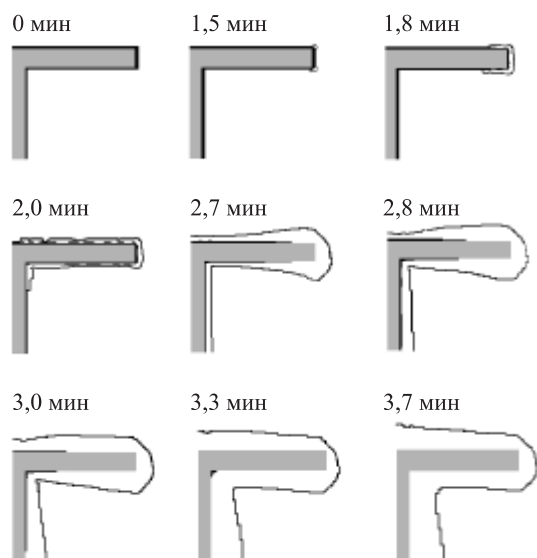


Рис. 2. Процесс вспучивания состава при воздействии стандартного пожара

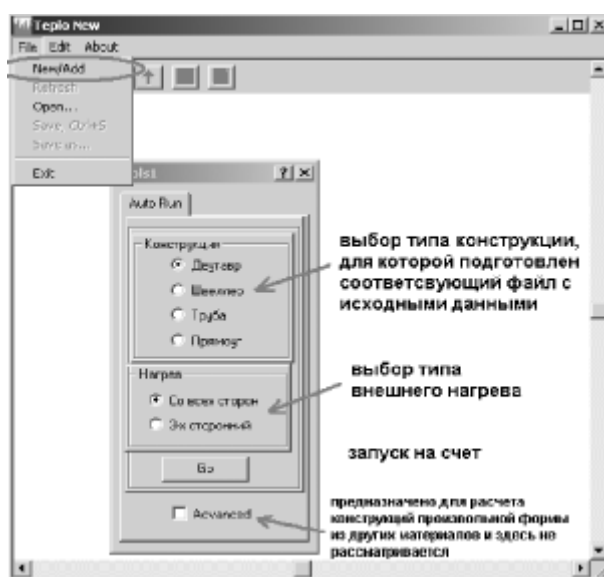


Рис. 3. Последовательность запуска программы на счет

Структура выходного файла DVYUTAVR.txt

1	2	3	4	5	6	7	H, мм								
							15 мин	30 мин	45 мин	60 мин	75 мин	90 мин	105 мин	120 мин	
Тип	<i>h</i> , мм	<i>b</i> , мм	<i>s</i> , мм	<i>t</i> , мм	<i>A/P</i> , мм	<i>t</i> ( <i>H</i> = 0), мин									
20B1	200	100	5,6	8,5	3,45	8,16	0,15	0,49	1,05	1,77	2,68	3,90	5,61	7,49	

и, наконец, на момент времени 3,7 мин весь состав переходит во вспученное состояние.

После проверки модели на адекватность с использованием метода регрессионного анализа (критерий Фишера составил больше 20%) создан компактный интерфейс программы для расчета толщины состава, требуемой для достижения необходимого времени прогрева (15, 30, 45, 60, 75, 90, 120 мин), для двутавров, швеллеров и труб различного сечения.

Для расчета толщины состава, обеспечивающей заданную огнестойкость стальных типовых конструкций, вводятся следующие данные в исходный файл AutoRun2Tavr.dat в виде: 10B1, 100, 50, 3.6, 4.2 и т.д.

Каждая из строк содержит всю необходимую информацию для расчета очередной конструкции (например, двутавра 20B1 (ГОСТ 26020–83)). В первой колонке помещается тип конструкции, в столбцах со второго по последний располагаются геометрические характеристики данного двутавра (*h* — высота двутавра, *b* — ширина полки, *s* — толщина стенки; *t* — толщина полки) согласно нормативно-технической документации на выбранный тип конструкций.

Для расчета времени прогрева конструкций типа швеллеров необходимо ввести исходные дан-

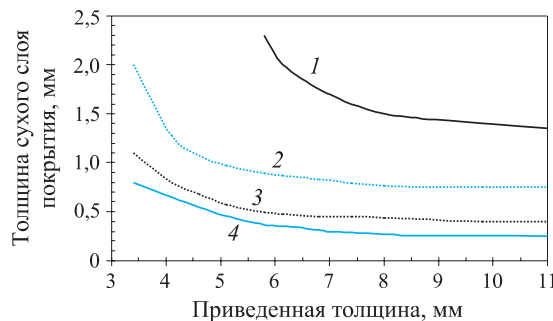


Рис. 4. Зависимость толщины сухого слоя огнезащитной краски “Терма” от приведенной толщины металла для различных групп огнезащитной эффективности согласно НПБ 236–97: 1 — 90 мин; 2 — 60 мин; 3 — 45 мин; 4 — 30 мин

ные в файл AutoRunShveller.dat, для труб прямоугольного сечения — в файл AutoRunRectangle.dat, для труб круглого сечения — в файл AutoRunTryba.dat и т.д. Эти исходные файлы располагаются в той же директории, что и исполняемый файл, и могут включать в себя неограниченное число строк. Программа считывает из исходного файла очередную строку, производит по ее данным расчет, выводит результаты в выходной файл и затем считывает следующую строку исходного файла. Программа останавливается, когда считана последняя строка и для

соответствующей ей конструкции осуществлен расчет.

Для работы с программой запускают файл terlo.exe. На появившейся диалоговой панели необходимо выбрать конструкцию, для которой предполагается вести расчет, из возможных вариантов — двутавр, швеллер, труба (круглого или прямоугольного сечения). Необходимо также определить режим нагрева: “со всех сторон” или “трехсторонний”. После этого запустить программу на счет, нажав кнопку “Go” (рис. 3). Результаты расчета выводятся в соответствующий выходной файл: DVYTAVR.txt, SHVELLER.txt, TRYBA.txt, RECTANGLE.txt. Структура каждого выходного файла одинакова. Например, выходной файл DVYTAVR.txt имеет структуру, представленную в таблице.

В колонке 7 выводится время достижения критической температуры незащищенной конструкции, в колонках с 8-й по 15-ую — результаты расчета толщины состава “Терма”, необходимой для достижения требуемого времени прогрева конст-

рукции (соответственно 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105 и 120 мин).

По результатам расчета для практических целей проектирования огнезащиты стальных строительных конструкций можно построить графики зависимости толщины состава от приведенной толщины металла профилей конструкций (рис. 4), а также сделать обширную таблицу, включающую в себя наиболее распространенные профили металлических конструкций: двутавр, швеллер, труба (рис. 5).

Расчет возможно произвести как для четырех, так и для трехстороннего нагрева, при этом учитывается форма защищаемой конструкции и все основные теплофизические параметры состава.

Итак, рассмотрены модель и метод расчета времени достижения критической температуры для стальных конструкций, покрытых слоем вспучивающегося огнезащитного состава (в качестве условия потери образцом несущей способности принимается момент достижения температурой наружной поверхности стенки профиля критического

**Зависимость толщины огнезащитного покрытия краски «Терма» ТУ 2332-020-425878-2003 с изм. 1.2 от приведенной толщины металла» для профилей металлических конструкций**

Таблица 2.

**Группы огнезащитной эффективности по ГОСТ 30247-0-94, НПБ 236-97**

Тип профиля	4-х сторонний нагрев		3-х сторонний нагрев		3-х сторонний нагрев		3-х сторонний нагрев		Тип профиля	4-х сторонний нагрев		3-х сторонний нагрев		3-х сторонний нагрев		Тип профиля	4-х сторонний нагрев		3-х сторонний нагрев	
	Толщина, мм	Время, мин	Толщина, мм	Время, мин	Толщина, мм	Время, мин	Толщина, мм	Время, мин		Толщина, мм	Время, мин	Толщина, мм	Время, мин	Толщина, мм	Время, мин		Толщина, мм	Время, мин	Толщина, мм	Время, мин
I с 4-х сторон	100	15	100	15	100	15	100	15	I с 3-х сторон	100	15	100	15	100	15	I с 4-х сторон	100	15	100	15

**Примечания:**  
 1. Толщина металла — толщина металла конструкции.  
 2. Толщина металла — толщина металла конструкции.  
 3. Толщина металла — толщина металла конструкции.  
 4. Толщина металла — толщина металла конструкции.  
 5. Толщина металла — толщина металла конструкции.  
 6. Толщина металла — толщина металла конструкции.  
 7. Толщина металла — толщина металла конструкции.  
 8. Толщина металла — толщина металла конструкции.  
 9. Толщина металла — толщина металла конструкции.  
 10. Толщина металла — толщина металла конструкции.

Рис. 5. Иллюстрация таблицы зависимости толщины огнезащитного покрытия (краска “Терма”, ТУ 2332-020-425878–2003 с изм. 1) от приведенной толщины и типов профилей строительных конструкций



значения  $T_{кр} = 500^\circ\text{C}$ . Такое условие принимается согласно НПБ 236–97, поскольку до сих пор только этот нормативный документ рассматривает требования к огнезащитным составам). Данная модель учитывает влияние основных теплофизических параметров огнезащитного состава на его эффективность. Расчеты, проведенные для конкретного покрытия, позволили определить зависимости тол-

щины сухого слоя состава от приведенной толщины металла и получить удовлетворительные соответствия между результатами расчетов и экспериментальными данными. Сказанное позволяет практически использовать разработанную методику расчетов при проектировании огнезащиты стальных конструкций тонкослойным вспучивающимся покрытием.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Яковлев, А. И.** Расчет огнестойкости строительных конструкций / А. И. Яковлев. — М. : Стройиздат, 1988. — 143 с.
2. **Информационное письмо** МВД РФ ГУГПС от 15.12.1998 г. "О методах расчета".
3. **Астахова, И. Ф.** Развитие полевого моделирования пожара в помещении и теории огнестойкости в России / И. Ф. Астахова, И. С. Молчадский // Пожаровзрывобезопасность. — 1999. — Т. 8, № 1. — С. 47–56.
4. **Жуков, В. В.** / В. В. Жуков, И. С. Молчадский, В. Н. Лавров // Пожарная безопасность. — 2005. — № 5. — С. 37–42.
5. **Исаков, Г. Н.** Моделирование тепло- и массопереноса в многослойных тепло- и огнезащитных покрытиях при взаимодействии с потоком высокотемпературного газа / Г. Н. Исаков, А. Я. Кузин // Физика горения и взрыва. — 1998. — Т. 34, № 2. — С. 82–89.
6. **Страхов, В. Л.** Математическое моделирование работы и определение комплекса характеристик вспучивающейся огнезащиты / В. Л. Страхов, А. Н. Гаращенко, В. П. Рудзинский // Пожаровзрывобезопасность. — 1997. — Т. 6, № 3. — С. 21–30.
7. **Страхов, В. Л.** Математическое моделирование работы огнезащиты, содержащей в своем составе воду / В. Л. Страхов, А. Н. Гаращенко, В. П. Рудзинский // Пожаровзрывобезопасность. — 1998. — Т. 7, № 2. — С. 12–19.
8. **Гаращенко, А. Н.** Апробирование методики расчетов вспучивающейся огнезащиты строительных конструкций на примере покрытия ХЕНСОТЕРМ 4КС / А. Н. Гаращенко, В. Л. Страхов, В. П. Рудзинский [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. — 1999. — Т. 8, № 5. — С. 29–37.
9. **Еремина, Т. Ю.** Модель оценки огнезащитной эффективности вспучивающихся водосодержащих составов / Т. Ю. Еремина, Н. М. Бессонов // Пожаровзрывобезопасность. — 2000. — Т. 9, № 3. — С. 17–20.
10. **Еремина, Т. Ю.** К вопросу оценки коэффициента эффективной теплопроводности вспученных составов / Т. Ю. Еремина, Н. М. Бессонов, П. В. Дьяченко // Пожаровзрывобезопасность. — 2002. — Т. 11, № 5. — С. 13–18.
11. **Бессонов, Н. М.** Расчетный метод определения пределов огнестойкости металлоконструкций, покрытых огнезащитным вспучивающимся составом / Н. М. Бессонов, Т. Ю. Еремина, Ю. Н. Дмитриева [и др.] // Пожарная безопасность. — 2007. — № 1. — С. 89–91.
12. **Болдырев, А. С.** Строительные материалы: справочник / А. С. Болдырев [и др.]. — М. : Стройиздат, 1989. — 567 с.

*Материал поступил в редакцию 04.09.08.*

© Бессонов Н. М., Еремина Т. Ю., Гравит М. В.,  
Дмитриева Ю. Н., 2008 г. (тел. +7(812)710-39-30).



**К. Л. Кузнецов**  
адъюнкт ФГОУ ВПО  
“Восточно-Сибирский  
институт МВД России”



**Д. Ю. Шарпинский**  
научный сотрудник Института  
динамики систем и теории  
управления СО РАН

### Н. К. Гусарова

д-р хим. наук, профессор, главный  
научный сотрудник Иркутского института  
химии им. А. Е. Фаворского СО РАН

### Г. В. Плотникова

канд. хим. наук, доцент ФГОУ ВПО  
“Восточно-Сибирский институт  
МВД России”

УДК 541.64

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО СОДЕРЖАНИЯ АНТИПИРЕНА В ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНЫХ ПЛАСТИЗОЛЯХ

С помощью вычислительной системы MATLAB (пакет “Signal Processing Toolbox”) выбрано оптимальное содержание антипирена в поливинилхлоридных пластизолях, при котором максимально снижены пожароопасные свойства и улучшены физико-механические характеристики материала. Предложенную вычислительную систему можно использовать при выборе оптимального содержания антипиренов при производстве любых полимерных материалов с учетом важности тех или иных характеристик получаемого продукта.

**Ключевые слова:** антипирен, поливинилхлорид, горючесть, математическое моделирование.

В настоящее время полимерные материалы широко используются в строительстве, промышленности и быту. Мировое производство этих материалов за последние годы выросло в 4 раза, в то время как объем их потребления, например, в строительстве увеличился в 8 раз. Это обусловлено не только уникальными физико-механическими свойствами, но и архитектурно-строительными характеристиками полимерных материалов [1–4].

Одно из ведущих мест среди полимерных продуктов в мировой промышленности занимает поливинилхлорид (ПВХ). Из этого полимера получают более 3000 видов материалов и изделий, а в мире его производится более 30 млн т/год.

Поливинилхлорид применяется как в жестком, так и в пластифицированном виде. В настоящее время изделия из пластифицированного ПВХ оцениваются как горючие. Снижение горючести достигается несколькими путями, основными из которых являются:

- введение наполнителей;
- нанесение огнезащитных покрытий;
- использование галоидсодержащих пластификаторов;
- пропитка полимерных материалов огнегасящими составами;
- введение замедлителей горения или антипирюющих составов.

В настоящее время наиболее приемлемым является введение в полимерную матрицу антипиренов

— веществ, снижающих пожароопасные свойства за счет изменения механизма кинетики химических реакций в конденсированной и газовой фазах при горении [5].

Механизм горения полимеров при введении антипиренов до конца не изучен, единой стройной теории ингибирования горения полимерных материалов на сегодняшний день нет, поиск рецептуры для каждого конкретного изделия осуществляется опытным путем. Поэтому целью данной работы стало математическое моделирование выбора оптимального содержания антипирена в полимерных материалах на примере пластифицированного ПВХ.

При приготовлении экспериментальных образцов ПВХ пластизолой были использованы следующие вещества:

Промышленный ПВХ Е6250-Ж  
(ГОСТ 14039–78) . . . . . 100 м.ч.  
Пластификатор — диоктилфталат (ДОФ) . . . . . 65 м.ч.  
Стабилизатор — стеарат бария и кадмия . . . . . 2 м.ч.

В качестве антипирена был использован три-(третбутилфенилэтил)фосфиноксид (ТБФО). Содержание ТБФО в композиции варьировалось от 0,1 до 1,0 м.ч. на 100 м.ч. ПВХ. Для сравнения были приготовлены образцы, не содержащие добавок.

Требуемые количества компонентов тщательно перемешивались до получения однородной массы без вкраплений примесей и комочков. Полученную ПВХ композицию разливали в металлическую фор-

Результаты испытаний ПВХ пластизолой, содержащих ТБФО

Содержание антипирена, м.ч.	Потеря массы, %	Время достижения максимальной температуры, с	Максимальная температура газообразных продуктов горения, °С	Средняя дымообразующая способность, м <sup>2</sup> /кг	Температура вспышки, °С	Температура воспламенения, °С	Условия прочности при растяжении, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %	Твердость, ед. ШорА
0	95,0	70	590	2260	143	163	1,73	32,94	66,9
0,1	72,4	150	260	1100	160	176	2,30	32,81	67,7
0,2	72,8	100	423	1400	167	180	2,34	32,59	67,6
0,3	71,5	133	415	1430	171	190	2,31	32,35	67,8
0,4	70,4	140	397	1480	173	182	3,30	34,87	67,5
0,5	69,2	145	360	1510	170	176	2,32	32,89	68,0
0,6	70,1	144	370	1490	175	180	2,34	30,62	67,9
0,7	70,2	142	368	1520	180	183	2,29	32,57	67,7
0,8	69,3	138	365	1510	177	187	2,14	32,49	67,7
0,9	70,3	140	362	1525	180	185	2,26	31,95	68,0
1,0	70,5	142	365	1530	179	185	2,15	31,65	67,9

му размером 20×30 см. В течение 2 ч композиция отстаивалась, для того чтобы из нее вышли пузырьки воздуха. Затем форму с ПВХ композицией ставили в сушильный шкаф на 10 мин и подвергали термическому воздействию при 115°С.

По известным методикам [5] были определены основные показатели пожарной опасности ПВХ пластизолой: потеря массы, время достижения максимальной температуры, максимальная температура газообразных продуктов горения, дымообразующая способность, температура вспышки и воспламенения. Также были проведены испытания по определению физико-механических характеристик ПВХ пластизолой: условия прочности при разрыве, относительное удлинение, твердость. Результаты испытаний представлены в таблице.

Для математического моделирования выбора оптимального содержания антипирена была применена вычислительная система MATLAB (пакет “Signal Processing Toolbox”) [6]. Методика расчета состояла из следующих шагов:

- сплайновая интерполяция дискретных замеров выбранных показателей для формирования непрерывных функций  $f_i(x)$ ,  $x \in X$  ( $X = [0, 1]$  — множество возможных значений содержания антипирена),  $i = 1, \dots, N$  ( $N = 9$  — количество показателей);
- выбор значений весовых коэффициентов  $\alpha_i$  ( $\sum_{i=1}^N \alpha_i = 1$ ), отражающих степень относительной важности каждого показателя;
- формирование целевой функции по аддитивному принципу, представляющей собой сумму произведений нормированных частных критериев на их весовые коэффициенты:

$$F(x) = \sum_{i=1}^N \alpha_i \left[ \frac{f_i(x)}{f_i(0)} \right]^{p_i}$$

где  $\alpha_i$  — весовой коэффициент, учитывающий значимость  $i$ -го критерия;

$f_i(x)$  — численное значение  $i$ -го критерия;

$f_i(0)$  — значение  $i$ -го критерия для ПВХ пластизолой, не содержащих антипиренов;

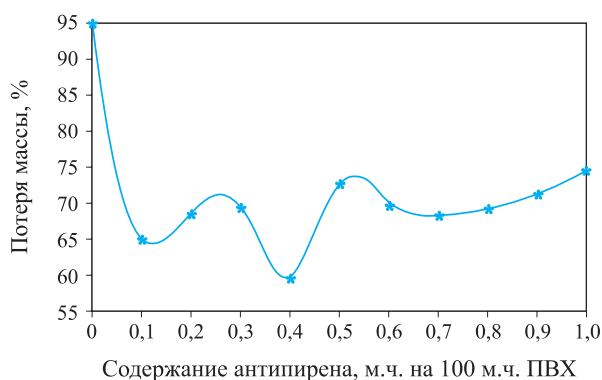
значение  $p_i$  зависит от того, максимизируется ли  $i$ -й показатель, или минимизируется; при максимизации показателя  $p_i = 1$ , минимизации  $p_i = -1$ ;

- нахождение производной полученной целевой функции, т.е. вычисление функции  $dF(x)/dx$ ;
- определение координат экстремальных точек полученной целевой функции, т.е. решение уравнения  $dF(x)/dx = 0$ ;

• определение минимального и максимального значений целевой функции  $F(x)$  и количества антипирена, при котором эти значения достигаются.

**Шаг 1.** Для начала кратко обсудим основные понятия [7, 8], сопровождающие методы сплайновой аппроксимации, которые использовались в данной работе.

Полиномиальный сплайн  $S_{\Delta}(t) \equiv S_{\Delta,p}(t, k)$  степени  $k$  на сетке  $\Delta: a = t_0 < t_1 < \dots < t_N = b$  (не всегда обязательно равномерной) по определению является *кусочно-многочленной функцией*, составленной из алгебраических многочленов степени  $k$  на каждом отрезке  $[t_{i-1}, t_i]$ ,  $i = 1, \dots, k$ , и непрерывной со всеми производными до  $p$ -го порядка,  $0 \leq p < k$ . Точки  $\{t_i\}$  называют *узлами сплайна*, а число  $d = k - p$  — *дефектом сплайна*. Интерполирующий сплайн интерполирует заданную функцию (процесс)  $y(t)$  в узлах сетки  $\Delta$ , если  $k$  нечетно, и в точках  $z_i$ , где  $t_{i-1} < z_i < t_i$ ,  $i = 1, \dots, k$ , если  $k$  четно.



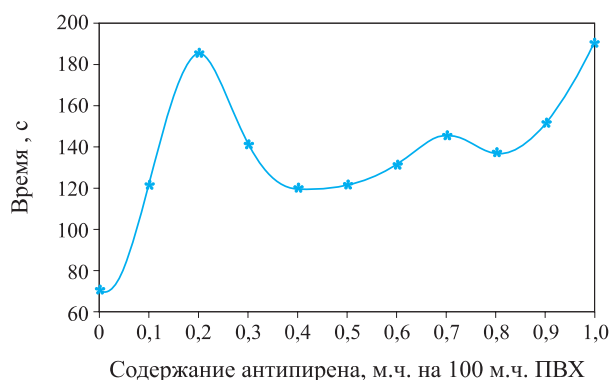
**Рис. 1.** Потеря массы образца (здесь и на рис. 2–10 символом “\*”) показаны исходные (заданные) значения показателей, т.е. значения функций в узлах сплайна)

Сплайн степени  $k$  называют *периодическим*, если он удовлетворяет, кроме того, условиям  $d^q S_{\Delta} \times (t_0 + 0)/dt^q = d^q S_{\Delta}(t_N - 0)/dt^q$ ,  $q = 0, \dots, p - 1$ . Под *простым сплайном* степени  $k = 2n - 1$  понимают полиномиальный сплайн степени  $2n - 1$ , принадлежащий стандартному классу функций  $C_{2n-2}[a, b]$ . Важным примером простого сплайна является кубический сплайн, когда  $n = 2$ . Именно этот вид сплайна был использован для интерполяции значений выбранных показателей.

Говорят, что полиномиальный сплайн степени  $2n - 1$  и вообще функция  $y(t)$  принадлежат к классу  $I^*$  (соответственно  $II^*$ ), если их первые  $n - 1$  производные обращаются в ноль в точках  $t = a$  и  $t = b$  (соответственно  $d^q y(a)/dt^q = d^q y(b)/dt^q$ ,  $q = n, \dots, 2n - 2$ ). Две функции принадлежат одному и тому же классу эквивалентности типа  $I$  ( $II$ ), если их разность принадлежит типу  $I^*$  ( $II^*$ ). Сплайн принадлежит типу  $I$ , если  $d^q y(a)/dt^q$  и  $d^q y(b)/dt^q$ ,  $q = 1, \dots, n - 1$ , явно входят в представление сплайна как независимые параметры, и сплайн принадлежит типу  $II$ , если в его представление явно входят  $d^q y(a)/dt^q$  и  $d^q y(b)/dt^q$ ,  $q = n, \dots, 2n - 2$ . Во всех этих случаях зависимость от величин  $d^q y(a)/dt^q$  и  $d^q y(b)/dt^q$  должна быть линейной.

Как уже упоминалось выше, для интерполяции таблично заданных функций выбранных показателей авторами был применен кубический сплайн. С помощью процедуры “spline” системы MATLAB для каждого из 9-ти показателей была построена непрерывная функция  $f_i(x)$  (рис. 1–9).

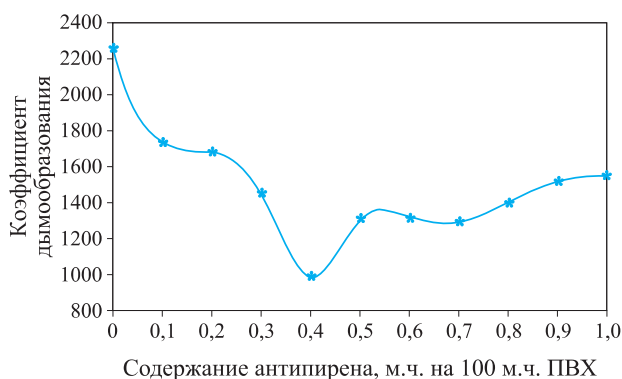
**Шаг 2.** Точно определить весовые коэффициенты может лишь квалифицированная экспертиза. Но, к сожалению, таких данных найти не удалось. В публикации [9] указывается, что количественная форма представления информации о важности критериев является сложной и потому зачастую ненадежной. Более доступной и достоверной, чем количественная, служит качественная информация,



**Рис. 2.** Время достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения



**Рис. 3.** Максимальная температура газообразных продуктов горения



**Рис. 4.** Средняя дымообразующая способность

состоящая из сведений типа “критерии равноценны”, “один критерий важнее другого” и т.п.

В этом случае, чтобы учесть различную значимость критериев, проводят ранжирование их по важности [10]. Для ПВХ пластизолой представляется целесообразным к первому рангу отнести показатели пожарной опасности (коэффициент дымообразования, максимальная температура отходящих газов, потеря массы, температуры вспышки и воспламенения), ко второму — физико-механические характеристики (прочность при разрыве, от-



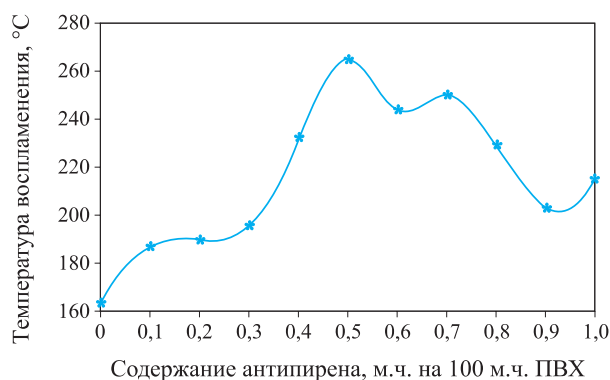


Рис. 5. Температура воспламенения

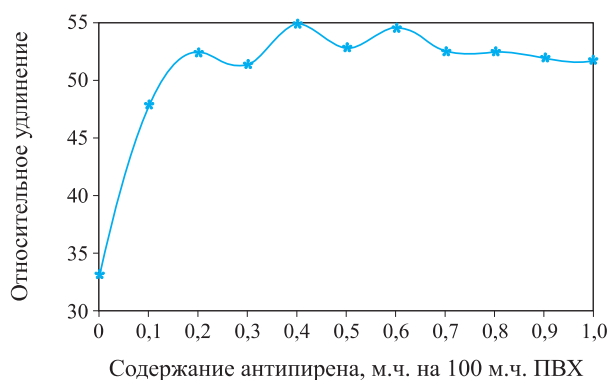


Рис. 8. Относительное удлинение при разрыве

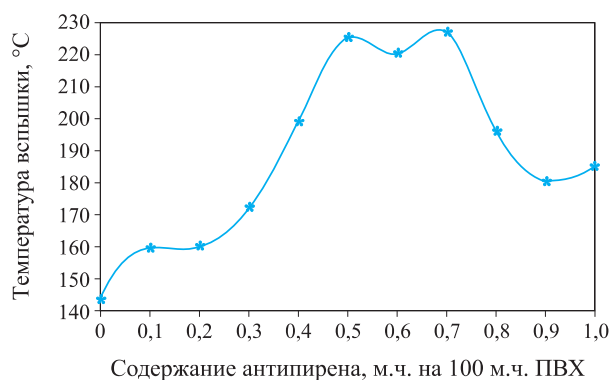


Рис. 6. Температура вспышки

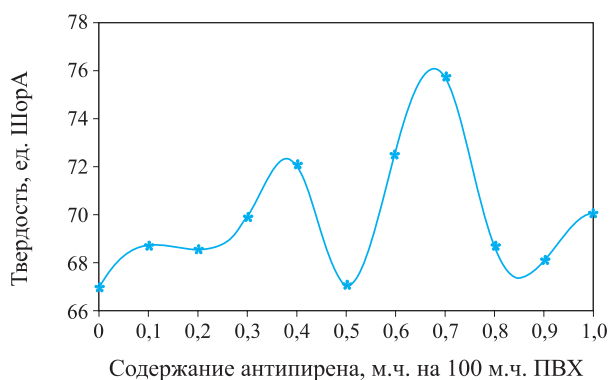


Рис. 9. Твердость

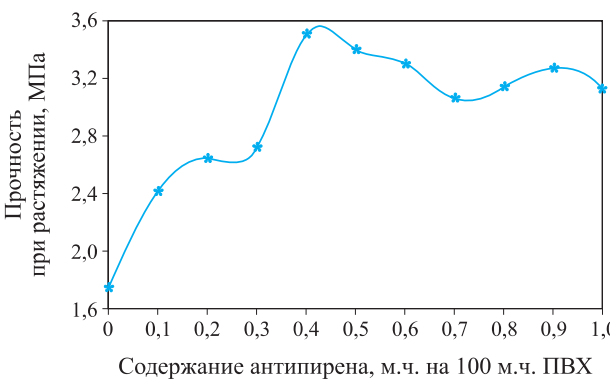


Рис. 7. Прочность при растяжении

носительное удлинение, твердость). Ранги переводятся в весовые коэффициенты по определенным формулам без участия экспертов [10]:

$$\alpha_r^0 = 1 - (r - 1)/r,$$

где  $r$  — номер ранга.

Предполагается, что критерию присвоен номер назначенного ему ранга. Нормирование  $\alpha_r^0$  для перехода к  $\alpha_i$ , удовлетворяющих условию  $\sum_{i=1}^N \alpha_i = 1$ , не представляет труда.

Предлагается выбрать два ранга. К первому рангу целесообразно отнести пожароопасные свойства (наиболее важные), ко второму — физико-механические характеристики ПВХ пластизолой:

$$\alpha_1^0 = 1; \quad \alpha_2^0 = 1 - 1/2 = 0,5.$$

Нормирование:

$$\alpha_i = \alpha_r^0 / \sum \alpha_r^0.$$

Коэффициент важности для характеристик ПВХ пластизолой:

- пожароопасных

$$\alpha_1 = \frac{1}{6 \cdot 1 + 3 \cdot 0,5} = 0,133;$$

- физико-механических

$$\alpha_2 = \frac{0,5}{6 \cdot 1 + 3 \cdot 0,5} = 0,067.$$

**Шаг 3.** Целевая функция представляет собой сумму произведений нормированных частных критериев на их весовые коэффициенты с учетом степени  $p_i$  (рис. 10):

$$F(x) = \sum_{i=1}^N \alpha_i \left[ \frac{f_i(x)}{f_i(0)} \right]^{p_i}.$$

**Шаг 4.** С целью проведения анализа выбранной целевой функции была найдена ее производная

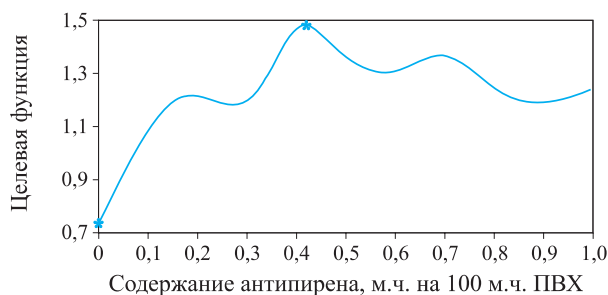


Рис. 10. Целевая функция с учетом весовых коэффициентов

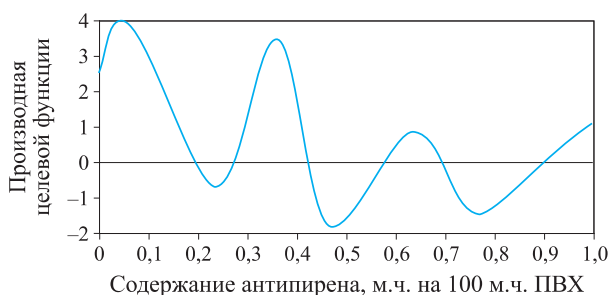


Рис. 11. Производная целевой функции

$dF(x)/dx$ . Для облегчения задачи была построена производная не самой целевой функции, а ее сплайн интерполяции, т.е. для целевой функции  $F(x)$  был построен сплайн на сетке с шагом 0,01, для которого с использованием процедуры “finder” системы MATLAB была найдена производная (рис. 11).

**Шаг 5.** Решение уравнения  $dF(x)/dx = 0$  (для полученной функции производной) было проведено с использованием процедуры “fzero” системы

MATLAB. Были получены следующие результаты:  $x_1 = 0,1953$ ;  $x_2 = 0,2755$ ;  $x_3 = 0,4192$ ;  $x_4 = 0,5785$ ;  $x_5 = 0,6929$ ;  $x_6 = 0,8990$ .

**Шаг 6.** Среди значений целевой функции в найденных точках экстремума (шаг 5) и крайних точках ( $x = 0$  и  $x = 1$ ) были выбраны максимальный и минимальный показатели:

$$\max F(x) = 1,743 \text{ при } x = 0,4192;$$

$$\min F(x) = 0,999 \text{ при } x = 0.$$

Полученный результат был проверен экспериментально.

### Выводы

1. С помощью вычислительной системы MATLAB (пакет “Signal Processing Toolbox”) было выбрано оптимальное содержание ТБФО в ПВХ пластиолях, при котором максимально снижены пожароопасные свойства и улучшены физико-механические характеристики ПВХ пластиололей. Оно составило 0,4192 м.ч. на 100 м.ч. ПВХ.

2. Предложенную вычислительную систему можно использовать при выборе оптимального содержания антипиренов при производстве любых полимерных материалов с учетом важности тех или иных характеристик получаемого продукта.

3. Полученный в работе результат был проверен экспериментально.

\*\*\*

*Авторы статьи выражают благодарность за оказанную помощь д-ру техн. наук, профессору, заместителю начальника по учебной работе ФГОУ ВПО “Восточно-Сибирский институт МВД России” В. П. Удилову.*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Воробьев, В. А.** Горючесть полимерных строительных материалов / В. А. Воробьев, Р. А. Андрианов, В. А. Ушаков. — М.: Химия, 1976. — 224 с.
2. **Кодолов, В. И.** Замедлители горения полимерных материалов / В. И. Кодолов. — М.: Химия, 1980. — 269 с.
3. **Копылов, В. В.** Полимерные материалы пониженной горючести / В. В. Копылов, С. Н. Новиков, Л. А. Оксентьевич [и др.]; под ред. А. Н. Праведникова. — М.: Химия, 1986. — 224 с.
4. **Асеева, Р. М.** Горение полимерных материалов / Р. М. Асеева, Г. Е. Заиков. — М.: Химия, 1981. — 280 с.
5. **ГОСТ 12.1.044–89\***. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. — Утв. Госстрой России, ГУПЦПП. — М.: Изд-во стандартов, 1997.
6. **Андреевский, Б. Р.** Элементы математического моделирования в программных средах MATLAB и SCILAB / Б. Р. Андреевский, А. Л. Фрадков. — СПб.: Наука, 2001. — 286 с.
7. **Альберг, Дж.** Теория сплайнов и ее приложения / Дж. Альберг, Э. Нильсон, Дж. Уолш. — М.: Мир, 1972. — 316 с.
8. **Березовский, А. И.** Об оптимальной по точности равномерной сплайновой аппроксимации / А. И. Березовский, В. В. Иванов // Известия вузов. Математика. — 1977. — № 10. — С. 1–16.
9. **Брахман, Т. Р.** Многокритериальность и выбор альтернативы в технике / Т. Р. Брахман. — М.: Радио и связь, 1984. — 288 с.
10. **Подиновский, В. В.** Об относительной важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений / В. В. Подиновский // Многокритериальные задачи принятия решений. — М.: Машиностроение, 1978. — С. 48–82.

Материал поступил в редакцию 15.10.08.

© Кузнецов К. Л., Шарпинский Д. Ю., Гусарова Н. К., Плотникова Г. В., 2008 г. (тел. +7 (3952) 41-07-49).



**Н. В. Барановский**  
канд. физ.-мат. наук,  
старший научный сотрудник  
НИИ прикладной математики и механики  
Томского государственного университета

УДК 658.382

## ИНТЕГРАЛЬНАЯ ПО ПРОСТРАНСТВУ ОЦЕНКА ЛЕСНОЙ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ

Рассматривается новый детерминированно-вероятностный критерий интегральной оценки лесной пожарной опасности на лесопокрытых территориях масштабом от отдельного квартала до целого государства. Представлены результаты сценарных расчетов вероятности возникновения лесных пожаров на модельных, типичных лесопокрытых территориях. Напряженность лесопожарной обстановки принималась соответствующей Тимирязевскому лесхозу Томской области.

**Ключевые слова:** лесная пожарная опасность, интегральная оценка, детерминированно-вероятностный критерий.

### Введение

Как неоднократно отмечалось, лесные пожары наносят ущерб экологии и экономике государства. В связи с этим прогноз лесной пожарной опасности для нашего государства имеет первостепенное значение, так как на территории России расположены огромные лесопокрытые территории [1]. В аналитическом обзоре [2] представлены последние данные: в России 1807 лесхозов, 7851 лесничество, в каждом лесничестве более 100 кварталов, в каждом квартале может быть около 100 выделов (однородных участков). Ранее были разработаны детерминированно-вероятностные критерии прогноза возникновения лесных пожаров на территории отдельного выдела [3] и на совокупности небольшого числа выделов [4], когда предполагается, что может возникнуть только один пожар на одном выделе из всей совокупности. Однако для принятия управленческих решений на уровне лесхоза, области, федерального округа или всего государства необходима интегральная оценка по пространству лесной пожарной опасности в масштабе от одного квартала до всей территории государства. В данном случае следует обобщить детерминированно-вероятностный критерий на случай большого числа пожаров на различных выделах, т.е. для случая, когда пожары на соседних выделах есть совместные события.

Цель исследования — разработать обобщенный детерминированно-вероятностный критерий оценки лесной пожарной опасности на случай крупной

лесопокрытой территории и совместного появления очагов лесных пожаров на различных выделах.

### Вероятностный критерий прогноза лесной пожарной опасности

Для оценки вероятности возникновения лесных пожаров на отдельно взятом выделе может быть использована формула, которая учитывает как несовместное [3], так и совместное появление [5] таких факторов, как антропогенная нагрузка и грозовая активность. Предполагается, что возникновения очагов лесных пожаров на различных выделах есть совместные события, причем эти события независимые, т.е. вероятность возникновения лесного пожара на отдельно взятом выделе не зависит от наличия его очагов на соседних выделах. Можно воспользоваться обобщенной теоремой о сложении вероятностей [6] и рассчитать вероятность возникновения лесных пожаров на всей территории по формуле:

$$P(A) = P\left(\bigcup_{i=1}^n A_i\right) = \sum_{i=1}^n P(A_i) - \sum_{i < j} P(A_i A_j) + \sum_{i < j < k} P(A_i A_j A_k) - \dots + (-1)^n P(A_1 A_2 \dots A_n), \quad (1)$$

где  $P(A)$  — вероятность возникновения лесных пожаров на всей площади рассматриваемой территории;

$P(A_i)$  — вероятность возникновения лесного пожара на территории  $i$ -го выдела;  
 $n$  — число выделов на рассматриваемой лесопокрытой территории.

Однако вычисление вероятности по формуле (1) сопряжено с большими трудностями. Так как предполагается, что возникновения лесных пожаров на различных выделах есть независимые события, то можно записать вероятность возникновения лесных пожаров на лесопокрытой территории через противоположное событие.

$A_i$  — возникновение лесного пожара на территории  $i$ -го выдела (независимое событие), тогда  $A = \bigcup_{i=1}^n A_i$  — возникновение лесных пожаров на всей лесопокрытой территории, а противоположное событие —  $\bar{A} = \bigcap_{i=1}^n \bar{A}_i$ . Вероятность противоположного события  $P(\bar{A}) = \prod_{i=1}^n P(\bar{A}_i)$ . Возвращаемся к первоначальным событиям, тогда выполняется равенство:

$$1 - P(A) = \prod_{i=1}^n (1 - P(A_i)). \quad (2)$$

В итоге вероятность возникновения лесных пожаров на рассматриваемой территории определится по следующей формуле:

$$P(A) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P(A_i)). \quad (3)$$

Следует заметить, что разработка более общей формулы, которая учитывала бы зависимость возникновения лесного пожара на одном выделе от наличия очагов пожаров на других выделах, также представляет научный и практический интерес. Возможно, в будущем эта идея будет реализована.

### Сценарии лесной пожарной опасности

Предлагается использовать сценарный подход для исследования типичных условий возникновения лесных пожаров, который хорошо себя зарекомендовал при исследовании проблемы прогноза лесной пожарной опасности [3]. Рассмотрим основные сценарии влияния антропогенной нагрузки и грозовой активности, метеоусловий.

#### Антропогенная нагрузка

Качественно данный сценарий соответствует лесопожарной обстановке в Тимирязевском лесхозе Томской области [7]. На рис. 1 представлены дан-

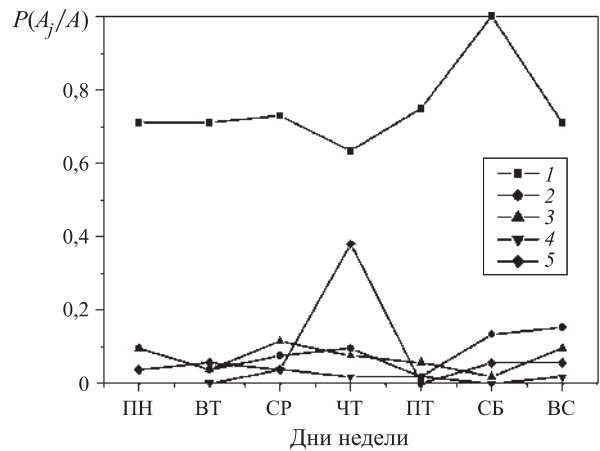


Рис. 1. Вероятность наличия источников огня в течение недели для различных лесничеств Тимирязевского лесхоза: 1 — Тимирязевское; 2 — Моряковское; 3 — Богородское; 4 — Киреевское; 5 — Жуковское

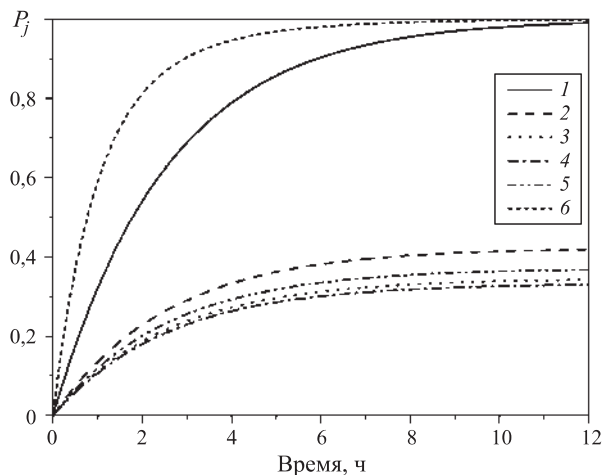


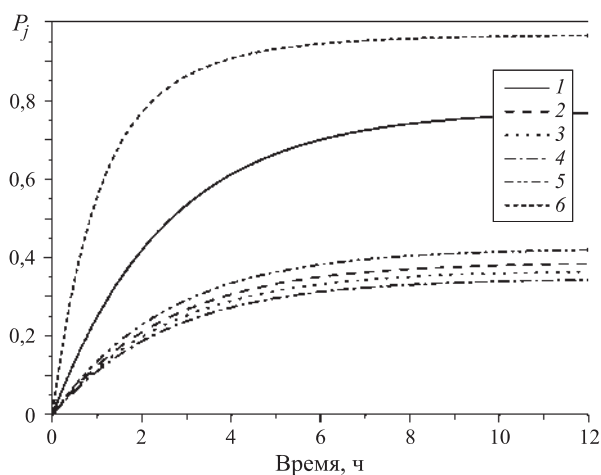
Рис. 2. Вероятность возникновения лесных пожаров в субботу для отдельно взятого лесничества (обозначение см. рис. 1) и Тимирязевского лесхоза в целом (6) (влияние наличия источников огня)

ные по вероятности наличия источников огня  $P(A_j/A)$  для различных лесничеств Тимирязевского лесхоза. На рис. 2 показаны вероятности возникновения лесных пожаров  $P_j$  в субботу для отдельно взятого лесничества и лесхоза в целом. Таким образом, возможна как дифференцированная оценка уровня лесной пожарной опасности отдельно в каждом лесничестве, так и интегральная по лесхозу в целом.

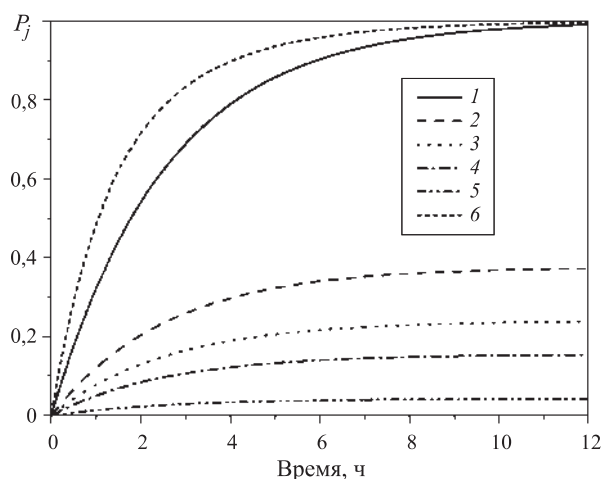
#### Грозовая активность

Рассматривается случай совместного действия антропогенной нагрузки и грозовой активности. Считается, что антропогенная нагрузка максимальна. Уровень грозовой активности принимается различным для разных лесничеств Тимирязевского





**Рис. 3.** Вероятность возникновения лесных пожаров в воскресенье для отдельно взятого лесничества (обозначения см. рис. 1) и Тимирязевского лесхоза в целом (б) (уровень грозовой активности)



**Рис. 4.** Вероятность возникновения лесных пожаров в субботу для отдельно взятого лесничества (обозначения см. рис. 1) и Тимирязевского лесхоза в целом (б) (метеопараметры)

лесхоза. Данные по числу дней с грозами на территории каждого лесничества приведены ниже:

Тимирязевское .....	20
Моряковское .....	25
Богородское .....	27
Киреевское .....	30
Жуковское .....	35

Рассматривается модельный вариант, так как в работе [8] представлены средние многолетние данные, а в публикациях [9, 10] приведен интервал изменения количества дней с грозами на данной территории за последние пять лет.

На рис. 3 представлены данные по вероятности возникновения лесных пожаров для отдельно взятого лесничества и лесхоза в целом. Также, как и в случае с антропогенной нагрузкой, будет сделана дифференцированная оценка по лесничеству и интегральная по лесхозу.

В настоящей работе представлен вариант интегральной оценки для пригородного лесхоза. Особый интерес представляет анализ интегральной оценки лесной пожарной опасности малообжитых районов, где велик процент лесных пожаров от гроз.

### Метеопараметры

Так как рассматривается небольшая по площади территория одного Тимирязевского лесхоза, то покажем влияние метеорологических условий на интегральную оценку лесной пожарной опасности путем варьирования количества выпавших на лесо-

покрытую территорию осадков. В таблице представлены данные по коэффициенту учета осадков  $k_h$  в зависимости от их количества для вычисления вероятности возникновения лесных пожаров по метеопараметрам.

Для определенности будем считать, что на территориях Тимирязевского, Моряковского, Богородского, Киреевского и Жуковского лесничеств выпало соответственно 0, 0,5, 1,5, 4,0, 15 мм осадков. На рис. 4 показана вероятность возникновения лесных пожаров на территории отдельно взятого лесничества и лесхоза в целом.

### Региональный и общегосударственный мониторинг

Представляется целесообразным создать в Российской Федерации сеть региональных [12] или общегосударственный центр лесопожарного мониторинга лесопокрытых территорий. Может быть построена цепочка отслеживания лесной пожарной опасности — выдел, квартал, лесничество, лесхоз, район, область, федеральный округ, государство в целом. Недавно Томский государственный университет приобрел вычислительный кластер “Cyberia”, который по недавним оценкам является самым мощным суперкомпьютером в Восточной Европе. Таким образом, объединив технические возможности данного суперкомпьютера и теоретические разработки в области ландшафтного распараллеливания [13], Томский государственный университет

Коэффициент учета осадков [11]

Осадки, мм	Нет	0,1–0,9	1,0–2,9	3,0–5,9	6,0–14,9	15,0–19,9	20 и более
$k_h$	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	0

может претендовать на роль такого общегосударственного центра лесопожарного мониторинга. На первом этапе в масштабах отдельно взятого лесхоза может быть использована информационно-прогностическая система определения вероятности возникновения лесных пожаров [14]. В случае определения термокинетических и теплофизических параметров для лесных горючих материалов (ЛГМ), произрастающих за пределами Российской Федерации, и последующего математического моделирования сушки слоя ЛГМ [15] для вычисления вероятности возникновения лесных пожаров по метеословиям, методика может быть применена и в глобальном мониторинге лесных пожаров.

Как и в случае оценки лесной пожарной опасности на территории отдельно взятого выдела, так и при интегральной ее оценке на крупных лесопокрытых территориях, помимо количественного описания вероятности возникновения лесных пожаров, для практических целей представляется целесообразным использовать качественную характеристику в виде шкал лесной пожарной опасности, когда различным ее уровням поставлены в соответствие конкретные мероприятия служб охраны лесов [16].

## Выводы

В настоящей работе представлен новый детерминированно-вероятностный критерий оценки лесной пожарной опасности на лесопокрытой территории в целом, т.е. интегральный. Открываются широкие перспективы создания региональных или общегосударственных центров лесопожарного мониторинга лесопокрытых территорий. Будет целесообразным в будущем провести ретроспективный анализ лесопожарных происшествий на территории, например, Томской области. Однако эта работа потребует привлечения большого объема статистической информации и займет определенное время.

\*\*\*


*Автор выражает благодарность за полезные советы и консультации д-ру физ.-мат. наук, профессору кафедры теории вероятностей и математической статистики факультета прикладной математики Томского государственного университета Александру Федоровичу Терпугову.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Лукьянчиков, Н. Н.** Экономика и организация природопользования : учебник для студентов вузов / Н. Н. Лукьянчиков, И. М. Потравный. — Изд. 3-е, перераб. и доп. — М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2007. — 591 с.
2. **Исаев, А. С.** Экологические проблемы поглощения углекислого газа посредством лесовосстановления и лесоразведения в России: аналитический обзор / А. С. Исаев, Г. Н. Коровин, С. П. Титов [и др.]. — М. : Центр экологической политики, 1995. — 156 с.
3. **Барановский, Н. В.** Математическое моделирование наиболее вероятных сценариев и условий возникновения лесных пожаров : дис. ... канд. физ.-мат. наук / Н. В. Барановский. — Томск : Томский государственный университет, 2007. — 153 с.
4. **Барановский, Н. В.** Влияние антропогенной нагрузки и грозовой активности на вероятность возникновения лесных пожаров / Н. В. Барановский // Сибирский экологический журнал. — 2004. — № 6. — С. 835–842.
5. **Барановский, Н. В.** Модель прогноза и мониторинга лесной пожарной опасности / Н. В. Барановский // Экология и промышленность России. — 2008. — № 9. — С. 69–71.
6. **Назаров, А. А.** Теория вероятностей и случайных процессов : учебное пособие / А. А. Назаров, А. Ф. Терпугов. — Томск : Изд-во НТЛ, 2006. — 204 с.
7. Генеральный план противопожарного устройства лесов. Том 1 : пояснительная записка : 5-99.14-17-ПМ / Государственный проектно-изыскательский институт "Росгипролес", Алтайский филиал ; исполн.: Маценко В. В., Соколов А. Я., Калинин С. И., Андриянова Ф. И., Андреева Т. А., Ананьин С. В., Крылов М. Н., Казанцева Л. В. — Барнаул, 1999. — 139 с.
8. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3 : Многолетние данные. Части 1–6. Вып. 20 : Томская, Новосибирская, Кемеровская области и Алтайский край. — СПб. : Гидрометеиздат, 1993. — 718 с.
9. **Гребнева, Д. А.** Радиолокационные характеристики летних гроз / Д. А. Гребнева // Наука и образование : материалы X Всерос. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. — Томск : Изд-во ТГПУ, 2006. — Т. I. — С. 86–91.

10. **Ершова, Т. В.** Грозы и град в г. Томске и с. Первомайское / Т. В. Ершова, С. Н. Рузавкина // Наука и образование : материалы X Всерос. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. — Томск : Изд-во ТГПУ, 2006. — Т. I. — С. 106–110.
11. **Жданко, В. А.** Метод анализа лесопожарных сезонов: практические рекомендации / В. А. Жданко, М. В. Гриценко. — Л. : [б. и.], 1980.
12. **Барановский, Н. В.** Модель региональной системы прогноза лесной пожарной опасности / Н. В. Барановский, А. М. Гришин, Т. П. Лоскутникова // Труды Междунар. конф. ENVIROMIS-2002. — Томск : Изд-во ЦНТИ, 2002. — С. 347–352.
13. **Барановский, Н. В.** Ландшафтное распараллеливание и прогноз лесной пожарной опасности / Н. В. Барановский // Сибирский журнал вычислительной математики. — 2007. — Т. 10, № 2. — С. 141–152.
14. **Барановский, Н. В.** Информационно-прогностическая система определения вероятности возникновения лесных пожаров / Н. В. Барановский, А. М. Гришин, Т. П. Лоскутникова // Вычислительные технологии. — 2003. — № 2. — С. 16–26.
15. **Гришин, А. М.** Сравнительный анализ простых моделей сушки слоя ЛГМ, включая данные экспериментов и натурных наблюдений / А. М. Гришин, Н. В. Барановский // Инженерно-физический журнал. — 2003. — Т. 76, № 5. — С. 166–169.
16. **Щетинский, Е. А.** Тушение лесных пожаров: пособие для лесных пожарных / Е. А. Щетинский. — Изд. 3-е, перераб. и доп. — М. : [б. и.], 2002. — 104 с.


Материал поступил в редакцию 01.10.08.  
 © Барановский Н. В., 2008 г. (тел. +7 (3822) 41-27-89).



# ИЗДАТЕЛЬСТВО «ПОЖНАУКА»

Издательство «Пожнаука» уже более 10-ти лет выпускает разнообразную справочную, нормативную и научно-техническую литературу по пожарной безопасности для специалистов, работающих в сфере обеспечения пожарной безопасности.


## Журналы «Пожаровзрывобезопасность» и «Пожарная безопасность в строительстве»



С 1992 года издательство «Пожнаука» выпускает журнал «Пожаровзрывобезопасность». Периодичность журнала – 6 номеров в год. В статьях журнала рассматриваются теоретические вопросы и способы практического обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений, технологических процессов и оборудования, современные средства и способы пожаротушения.

В рамках проекта «Пожарная безопасность в строительстве» выпускается приложение к журналу, посвященное современным огнестойким и огнезащитным материалам и конструкциям, новым разработкам и технологическим решениям, а также проблемам противопожарного нормирования.

**Научная, справочная и учебная литература**



**E-mail:**  
[firepress@gmail.com](mailto:firepress@gmail.com),  
[info@firepress.ru](mailto:info@firepress.ru)  
**Тел./факс:** (495) 228-0903

**ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ В СФЕРЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**



**Л. П. Вогман**  
д-р техн. наук,  
главный научный сотрудник  
ФГУ ВНИИПО МЧС РФ



**П. В. Шмурнов**  
аспирант Московского  
государственного  
строительного университета

УДК 614.841.3

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГОРЮЧИХ ОТЛОЖЕНИЙ В ВОЗДУХОВОДАХ СИСТЕМ МЕСТНЫХ ОТСОСОВ

Представлены результаты экспериментальных и расчетно-аналитических исследований совместимости паров горючих жидкостей и окислителей. Описан принцип проведения испытаний. Приведен расчет химической совместимости веществ.

**Ключевые слова:** пожаровзрывоопасность отложений, воздуховоды, химическая совместимость веществ.

### Введение

Пожаровзрывоопасность местных отсосов обусловливается возможностью образования горючих паро-, газо- и пылевоздушных смесей в воздуховодах и технологическом оборудовании и (или) отложений, склонных к самовозгоранию.

В зависимости от температурного режима работы оборудования состав отложений различен [1].

В нагретой среде образование отложений происходит в результате процессов тепло- и массообмена. Парогазовая смесь в воздуховодах участвует в конденсации тяжелых паров и испарении легких фракций, причем эти процессы многократно повторяются. На холодной стенке отложения появляются в виде жидкого конденсата различной вязкости. Могут образовываться и твердые отложения, если в определенном месте оборудования (воздуховодов) создаются благоприятные условия для кристаллизации нелетучих компонентов нагретой смеси, например в местах подсоса холодного воздуха.

В ненагретой среде отложения по составу соответствуют или близки к исходным веществам и материалам (далее — веществам) и могут быть жидкими или твердыми. Пары жидких веществ улетучиваются с потоком, однако при определенных условиях (высокая концентрация растворителя, достижение температуры насыщения) могут осажаться на стенках системы воздуховодов местных отсосов. Перенос массы твердого вещества (пыли) из потока к стенке осуществляется без конденсации за счет турбулентной диффузии.

В работе [1] дается детальная классификация различных видов технологических отложений, учитывающая агрегатное состояние, структуру, ме-

ханическую прочность, смачиваемость, горючесть, взрывоопасность, склонность к самовозгоранию веществ. По горючести отложения делятся на горючие, трудногорючие и негорючие (ГОСТ 12.1.044 [2]), по взрывоопасности — на взрывоопасные и невзрывоопасные (ГОСТ.12.1.010 [3]), по склонности к самовозгоранию — на особо опасные (эффективная энергия активации  $E \leq 40$  кДж/кг), опасные ( $E = 40-70$  кДж/кг), малоопасные ( $E > 70$  кДж/кг).

Предложенная в работе [1] классификация технологических отложений применима и для систем местных отсосов. Однако она должна быть уточнена в процессе исследования условий теплового самовозгорания отложений в части деления их по степени пожарной опасности с учетом значений кинетических параметров окисления и существенно дополнена сведениями по совместимости веществ и их способности к конденсации в соответствии с требованиями норм [4, 5].

### Экспериментальное и расчетно-аналитическое исследование совместимости паров горючих жидкостей и окислителей

Совместимость горючих веществ друг с другом и с окислителями определяется ГОСТ 12.1.044 [2] как способность взрываться и гореть при их взаимодействии и является качественным показателем, характеризующим особую пожарную опасность некоторых веществ и смесей.

Данные о совместимости веществ, кроме использования их при проектировании и эксплуатации местных отсосов систем вентиляции [4, 5], применяются при определении категорий по взрывопожарной и пожарной опасности [6], выборе



безопасных условий проведения технологических процессов [7], определении порядка и условий совместного складирования веществ [8, 9], выборе и назначении способов и средств пожаротушения [10].

Экспериментальные исследования проводились по методике, изложенной в стандарте [2].

Сущность метода определения способности взрываться и гореть при взаимном контакте веществ заключается в механическом смешивании исследуемых веществ в заданной пропорции и оценке результатов экспериментов.

В испытаниях использовано следующее оборудование:

- термостат УТ-15 с терморегулятором, позволяющим поддерживать температуру рабочей зоны в диапазоне 25–100°C с погрешностью не более 1°C;
- держатель сосудов;
- термоэлектрические преобразователи малой инерционности, защищенные от воздействия исследуемой среды (тип 1378,  $L = 320$  мм);
- реакционные сосуды — стеклянные термостойкие стаканы диаметром 50 мм;
- потенциометр типа КСП-4 с градуировкой ХК-68, диапазоном измерения от 0 до 200°C и классом точности 0,5;
- медные цилиндры вместимостью 50 мл.

Входной контроль исследуемых веществ осуществляется согласно ГОСТ 24297–97 на соответствие паспортным данным по внешнему виду, плотности и температуре кипения.

Предварительные (разведочные) испытания веществ на способность взрываться и гореть при взаимодействии друг с другом производятся путем контакта капель реагирующих веществ. Если при этом наблюдается энергичное взаимодействие (взрыв или воспламенение), то такие вещества являются несовместимыми и дальнейшие испытания с ними не производятся. При отсутствии активного взаимодействия между веществами в последующих испытаниях исследуют двухкомпонентные смеси веществ в соотношениях 10:10, 2:18 и 18:2 см<sup>3</sup> (при общем объеме смеси 20 см<sup>3</sup>).

Испытания выполняются в следующей последовательности.

Образцы исследуемых веществ помещают в отдельные реакционные сосуды, устанавливают их в термостат с заданной температурой испытания и выдерживают в течение (40±10) мин до выравнивания температур исследуемых веществ и рабочей зоны термостата. Температурный режим в термостате оценивается по показаниям термоэлектрических преобразователей, два из которых измеряют температуру в центре образцов, а третий — температуру рабочей зоны термостата. После выравнива-

ния указанных температур, разность между которыми не должна превышать 3°C, смешивают исследуемые вещества в одном из реакционных сосудов. Максимальное время выдерживания смеси в термостате составляет 2 ч.

Для каждой пары образцов проводят по три испытания при температурах 25 и 50°C. Если в процессе экспериментов происходит изменение агрегатного состояния смеси веществ, то такие пары веществ с испытаний снимаются.

Оценка результатов экспериментальных исследований заключается в следующем.

Если за время не менее 2 ч температура увеличивается не более чем на 5°C, то вещества считают совместимыми. В противном случае (при повышении температуры испытания более чем на 5°C) вещества являются несовместимыми.

В табл. 1 представлены результаты экспериментальных исследований химической совместимости при температурах до 50°C.

Как следует из табл. 1, анилин, муравьиная кислота, изоамилацетат, моноэтанолламин, изоамиловый спирт несовместимы с некоторыми кислотами. В то же время пероксид водорода показал совместимость со всеми испытанными горючими веществами.

### Расчет химической совместимости веществ

При отсутствии экспериментальных данных химическая совместимость веществ может быть определена расчетом стандартной энергии Гиббса  $\Delta\bar{G}^0$  [11, 12].

Реакции между веществами, сопровождающиеся большой потерей энергии Гиббса, протекают самопроизвольно (без затрат извне и до конца) и приобретают характер активного взаимодействия. В этих реакциях изменение энергии Гиббса является отрицательным, т.е. в исходном состоянии системы (реагирующих веществ) она больше, чем в конечном.

Реакции, протекающие с затратой работы, не способны идти самопроизвольно, и энергия Гиббса для них положительна.

По стандартным энергиям Гиббса образования продуктов реакции и исходных веществ можно вычислить энергию химической реакции, отвечающей изменению стандартной энергии Гиббса, сопровождающей данный процесс. Изменение стандартной энергии Гиббса при реакции равно разности между суммой стандартных энергий Гиббса образования продуктов реакции и суммой стандартных энергий Гиббса образования исходных веществ.

Критерием самопроизвольного процесса в нестандартных условиях принимается неравенство  $\Delta\bar{G}^0 < 0$ , тогда при расчетах можно пользоваться

**Таблица 1.** Результаты испытаний горючих паров легко-воспламеняющихся, горючих жидкостей и окислителей на химическую совместимость

№ п/п	Горючее вещество	Окислитель	Результат испытания
1	Дизельное топливо	Пероксид водорода	Совместимы
2	Дизельное топливо	Серная кислота	Совместимы
3	Дизельное топливо	Азотная кислота	Совместимы
4	Дизельное топливо	Соляная кислота	Совместимы
5	Анилин	Пероксид водорода	Совместимы
6	Анилин	Серная кислота	Несовместимы
7	Анилин	Азотная кислота	Несовместимы. Реакция протекает с выделением тепла, повышением температуры на ~40°C и обильным образованием оксидов азота
8	Анилин	Соляная кислота	Несовместимы. Реакция протекает с выделением тепла, повышением температуры на ~40°C и обильным образованием паров соляной кислоты
9	Муравьиная кислота	Пероксид водорода	Совместимы
10	Муравьиная кислота	Серная кислота	Несовместимы. Взаимодействие сопровождается умеренным кипением и повышением температуры более чем на 5°C
11	Муравьиная кислота	Азотная кислота	Несовместимы
12	Муравьиная кислота	Соляная кислота	Совместимы
13	Изоамилацетат	Пероксид водорода	Совместимы
14	Изоамилацетат	Серная кислота	Несовместимы. Образование коричневого смолистого вещества
15	Изоамилацетат	Азотная кислота	Совместимы
16	Изоамилацетат	Соляная кислота	Несовместимы
17	Моноэтиламин	Пероксид водорода	Совместимы
18	Моноэтиламин	Серная кислота	Несовместимы
19	Моноэтиламин	Азотная кислота	Несовместимы

Продолжение табл. 1

№ п/п	Горючее вещество	Окислитель	Результат испытания
20	Моноэтиламин	Соляная кислота	Несовместимы
21	Скипидар	Пероксид водорода	Совместимы. Реакция протекает спокойно, повышение температуры менее чем на 5°C
22	Скипидар	Серная кислота	Совместимы
23	Скипидар	Азотная кислота	Несовместимы
24	Скипидар	Соляная кислота	Совместимы. Реакция протекает спокойно, повышение температуры менее чем на 5°C
25	Дихлорэтан	Пероксид водорода	Совместимы
26	Дихлорэтан	Серная кислота	Совместимы
27	Дихлорэтан	Азотная кислота	Совместимы
28	Дихлорэтан	Соляная кислота	Совместимы
29	Изоамиловый спирт	Пероксид водорода	Совместимы
30	Изоамиловый спирт	Серная кислота	Несовместимы. Температура возрастает на ~30°C
31	Изоамиловый спирт	Азотная кислота	Совместимы. Взаимодействие слабое, без внешних эффектов. Повышение температуры на ~5°C
32	Изоамиловый спирт	Соляная кислота	Совместимы. Взаимодействие слабое, без внешних эффектов. Повышение температуры менее чем на 5°C
34	Петролейный эфир	Пероксид водорода	Совместимы
35	Петролейный эфир	Серная кислота	Совместимы
36	Петролейный эфир	Азотная кислота	Совместимы
37	Петролейный эфир	Соляная кислота	Совместимы

значениями стандартной энергии Гиббса. Критерием невозможности процесса (т.е. совместимости веществ) служит неравенство  $\Delta\mathfrak{F}^0 \gg 0$ .

В качестве порогового значения, разделяющего вещества на совместимые и несовместимые, принимается  $\Delta\mathfrak{F}^0 = -41,8$  кДж/моль [11].

Если расчетом получено  $\Delta\mathfrak{F}^0 < -41,8$  кДж/моль, то реакция возможна не только в стандартных, но и

в нестандартных условиях. При значениях  $\Delta\bar{\Delta}^0$  от  $-41,8$  до  $+41,8$  кДж/моль вещества следует относить к пожароопасным и несовместимым в системах местных отсосов. Если  $\Delta\bar{\Delta}^0 > 41,8$  кДж/моль, то процесс взаимодействия веществ невозможен как в стандартных, так и в нестандартных условиях, и эти вещества совместимы.

В качестве примера рассмотрим возможность совмещения в одном воздуховоде местных отсосов негорючего окислителя триоксида хрома ( $\text{CrO}_3$ ) и ацетона ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ ). Реакция между этими веществами протекает по уравнению:



По данным справочника [13] находим стандартные энергии Гиббса образования исходных и конечных веществ реакции  $\Delta\bar{\Delta}_f^0$ , кДж/моль:

Триоксид хрома (твердое вещество) $\text{CrO}_3$ . . . . .	$-513,8$
Оксид хрома (твердое вещество) $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . . . . .	$-1059,7$
Ацетон (жидкость) $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$ . . . . .	$-155,5$
Диоксид углерода (газ) $\text{CO}_2$ . . . . .	$-394,6$
Вода (газ) $\text{H}_2\text{O}$ . . . . .	$-237,4$

Согласно уравнению реакции имеем:

$$\Delta\bar{\Delta}^0 = -8 \cdot 1059,7 - 9 \cdot 394,6 - 9 \cdot 237,4 + 16 \cdot 513,8 + 3 \cdot 155,5 = -5478,3 \text{ кДж/моль}.$$

На один моль смеси исходных веществ энергия Гиббса составит:

$$\Delta\bar{\Delta}^0 = -5478,3/19 = -288,3 \text{ кДж/моль},$$

$$\Delta\bar{\Delta}^0 \ll -41,8 \text{ кДж/моль}.$$

Следовательно, воздуховоды местных отсосов для этих веществ должны быть изолированными друг от друга.

При отсутствии экспериментальных данных по совместимости веществ, исходных данных для расчетов энергии Гиббса сведения по совместимости веществ можно заимствовать из ГОСТ 12.1.004 [8] (табл. 15–17) или из Правил [9] (табл. 4–6). Вещества опасные и особо опасные, указанные под цифрами “3” и “4” в этих таблицах, нельзя использовать совместно в местных отсосах. Например, ядовитые газы окисляющие, едкие и коррозионные (класс 2, подкласс 2.2, категория 224 по ГОСТ 19433 [14]) нельзя использовать в местных отсосах совместно с едкими и коррозионными легковоспламеняющимися жидкостями с температурой вспышки от  $-18$  до  $+23^\circ\text{C}$ . В то же время вещества, отмеченные в табл. 15–17 [8] и 4–6 [9] знаком “+”, являются совместимыми друг с другом: едкие, коррозионные кислоты, слабые окислители (категория опасности 818 по ГОСТ 19433 [14]) можно удалять по одному каналу местных отсосов с ядовитыми газами (категория 616, 915 [14]).

**Таблица 2.** Данные по совместимости веществ (с точки зрения пожаровзрывоопасности) в системах местных отсосов при температурах до  $50^\circ\text{C}$

№ п/п	Горючее вещество	Азотная кислота	Серная кислота	Соляная кислота	Пероксид водорода
1	Амилацетат	Н	Н	С	С
2	Амилен	С	С	С	С
3	<i>n</i> -Амиловый спирт	Н	С	С	С
4	Аммиак	Н	Н	Н	Н
5	Анилин	Н	Н	Н	Н
6	Ацетальдегид	Н	С	С	С
7	Ацетилен	Н	Н	Н	Н
8	Аллилацетат	Н	Н	С	С
9	Ацетон	Н	С	С	С
10	Бензоиловый спирт	Н	С	С	С
11	Бензол	С	С	С	С
12	1,3-Бутадиен	Н	Н	Н	Н
13	<i>n</i> -Бутан	С	С	С	С
14	<i>n</i> -Бутен	Н	Н	Н	Н
15	<i>n</i> -Бутилацетат	Н	С	С	С
16	<i>n</i> -Бутиловый спирт	Н	С	С	С
17	Вторбутилацетат	Н	С	С	С
18	Винилхлорид	С	С	С	С
19	Водород	С	С	С	С
20	<i>n</i> -Гексадекан	С	С	С	С
21	<i>n</i> -Гексиловый спирт	Н	С	С	С
22	Гидразин	Н	Н	Н	Н
23	Глицерин	Н	Н	Н	Н
24	<i>n</i> -Гексан	С	С	С	С
25	<i>n</i> -Гептан	С	С	С	С
26	Декан	С	С	С	С
27	Дивиниловый эфир	Н	С	С	С
28	1,2-Дихлорэтан	С	С	С	С
29	<i>n</i> -Додекан	С	С	С	С
30	Диметил-формаид	С	Н	С	С
31	Диоксан-1,4	С	Н	С	С
32	<i>n</i> -Декан	С	С	С	С
33	Диэтиламин	Н	Н	Н	Н
34	Диэтиловый эфир	Н	С	С	С
35	Изобутан	С	С	С	С
36	Изобутилен	Н	Н	Н	Н
37	Изопентан	С	С	С	С
38	Изопропилбензол	С	С	С	С

Продолжение табл. 2

№ п/п	Горючее вещество	Азотная кислота	Серная кислота	Соляная кислота	Пероксид водорода
39	Изопропиловый спирт	Н	Н	С	С
40	о-, п-, м-ксилол	С	С	С	С
41	Метан	С	С	С	С
42	Метилпропилкетон	Н	Н	Н	Н
43	Метилэтилкетон	Н	Н	Н	Н
44	Метиловый спирт	С	Н	С	С
45	Нафталин	С	С	С	С
46	н-Нонан	С	С	С	С
47	Оксид углерода	Н	Н	Н	Н
48	Оксид этилена	Н	Н	Н	Н
49	н-Октан	С	С	С	С
50	н-Пентадекан	С	С	С	С
51	γ-Пиколин	Н	Н	Н	Н
52	Пиридин	Н	Н	Н	Н
53	Пропан	С	С	С	С
54	Пропилен	Н	Н	Н	Н
55	н-Пентан	С	С	С	С
56	н-Пропиловый спирт	Н	С	С	С
57	Сероводород	Н	Н	Н	Н
58	Сероуглерод	Н	Н	Н	Н
59	Стирол	С	Н	С	С
60	Тетрагидрофуран	Н	Н	С	С
61	н-Тридекан	С	С	С	С
62	Триметилметан	С	С	С	С
63	н-Тетрадекан	С	С	С	С
64	Толуол	С	С	С	С
65	н-Ундекан	С	С	С	С
66	Уксусная кислота	С	С	С	С
67	Формальдегид	Н	Н	Н	Н
68	Фталевый ангидрид	С	С	С	С
69	Хлорбензол	С	С	С	С
70	Циклогексан	С	С	С	С
71	Четыреххлористый углерод	С	С	С	С
72	Этан	С	С	С	С
73	Этилбензол	Н	Н	С	С
74	Этилен	Н	Н	Н	Н
75	Этиленгликоль	Н	Н	Н	Н
76	Этилцеллозольв	Н	Н	С	С
77	Этилацетат	С	С	С	С
78	Этиловый спирт	Н	С	С	С

Продолжение табл. 2

№ п/п	Горючее вещество	Азотная кислота	Серная кислота	Соляная кислота	Пероксид водорода
<i>Смеси и технические продукты</i>					
79	Бензин АИ-93 летний (ГОСТ 2094-67) Бензин АИ-93 зимний (ГОСТ 2084-67)	С	С	С	С
80	Бензин А-72 автомобильный (ГОСТ 2084-77)	С	С	С	С
81	Бензин Б70 авиационный	С	С	С	С
82	Дизельное топливо "З" (ГОСТ 305-73)	С	С	С	С
83	Керосин осветительный КО-20 (ГОСТ 4753-68)	С	С	С	С
84	Керосин осветительный КО-22 (ГОСТ 4753-68)	С	С	С	С
85	Керосин осветительный КО-25 (ГОСТ 4753-68)	С	С	С	С
86	Ксилол (смесь изомеров) (ГОСТ 9410-60)	С	С	С	С
87	Масло трансформаторное	С	С	С	С
88	Масло АМТ-300 (ТУ 38-15-68)	С	С	С	С
89	Масло АМТ-300Г (ТУ 38101243-72)	С	С	С	С
90	Растворитель Р-4	С	С	С	С
91	Растворитель Р-5	С	С	С	С
92	Растворитель Р-12	С	С	С	С
93	Растворитель М	С	С	С	С
94	Растворитель РМЛ (ТУ КУ 467-56)	С	С	С	С
95	Растворитель РМЛ-218 (МРГУ 6-10-729-68)	С	С	С	С
96	Растворитель РМЛ-315 (ТУ 6-10-1013-70)	С	С	С	С
97	Растворитель 646	С	С	С	С
98	Уайт спирт (ГОСТ 3134-52)	С	С	С	С
С — совместимы, Н — несовместимы.					

В настоящее время имеется банк данных для 2000 веществ по их совместимости в различных сочетаниях и при разных условиях их взаимодействия.

В табл. 2 с учетом экспериментальных и расчетных данных представлены сведения, характеризующие совместимость наиболее широко применяемых веществ с окислителями.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Петров А. П.** Пожарная безопасность технологического оборудования с горючими отложениями : дис. ... д-ра техн. наук. — М. : ВИПТШ МВД РФ, 1994. — 475 с.
2. **ГОСТ 12.1.044–89\***. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения — Утв. Госстрой России, ГУПЦПП. — М. : Изд-во стандартов, 1997.
3. **ГОСТ 12.1.010–76\***. Взрывоопасность. Общие требования — Утв. Госстандарт СССР 28 июня 1976 г. ; ввод. в действие с 1 января 1978 г. — М. : Изд-во стандартов, 2002.
4. **СНиП 41-01–03**. Отопление, вентиляция и кондиционирование. — Утв. Госстрой России 26 июня 2003 г. ; ввод. в действие с 1 января 2004 г. — М. : ГУП ЦПП, 2004.
5. **РД 1.2-138–2005**. Методика оценки пожаровзрывоопасности систем местных отсосов. — Утв. Газпром 14 января 2005 г. ; ввод. в действие с 11 февраля 2005 г. — М. : Газпром, 2005. — 52 с.
6. **НПБ 105–03**. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. — Утв. МЧС России 18 июня 2003 г. ; ввод. в действие с 1 августа 2003 г. — М. : ГУ ГПС, ФГУ ВНИИПО, 2003.
7. **ГОСТ Р 12.3.047–98**. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. — Утв. Госстандарт России 1 января 1998 г. ; ввод. в действие с 1 января 2000 г. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 1998.
8. **ГОСТ 12.1.004–91\***. Пожарная безопасность. Общие требования. — Утв. Госстрой СССР 14 июня 1991 г. ; ввод. в действие с 1 июля 1992 г. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 2002.
9. **ППБ 01–03**. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. — Утв. МЧС РФ 18 июня 2003 г. ; ввод. в действие с 30 июня 2003 г. — М. : ФГУ ВНИИПО, 2003. — 180 с.
10. **НПБ 88–2001\***. Установки пожаротушения и сигнализации. Нормы и правила проектирования. — Утв. ГУ ГПС МВД России 4 июня 2001 г. ; ввод. в действие с 1 января 2002 г. — М. : ГУ ГПС, ФГУ ВНИИПО, 2003. — 66 с.
11. **Саушев, В. С.** Пожарная безопасность хранения химических веществ / В. С. Саушев. — М. : Стройиздат, 1982. — 127 с.
12. **Карапетьянц, М. Х.** Основные термодинамические константы неорганических и органических веществ / М. Х. Карапетьянц, П. Л. Карапетьянц. — М. : Химия, 1968. — 472 с.
13. **Рабин, В. А.** Термодинамические свойства веществ: справочник / В. А. Рабин, М. А. Остроумов. — Л. : Химия, 1977. — 389 с.
14. **ГОСТ 19433–88\***. Грузы опасные. Классификация и маркировка. — Утв. Госстандарт СССР 19 августа 1988 г. ; ввод. в действие 1 января 1990 г. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 1998.

*Материал поступил в редакцию 12.08.08.*

*© Вогман Л. П., Шмурнов П. В., 2008 г. (тел. +7 (495) 524-81-21).*

**А. В. Ляпин**

канд. техн. наук,  
старший научный сотрудник  
Московского государственного  
строительного университета

УДК 614.841.34

## СОВРЕМЕННЫЕ ОГНЕ- И ДЫМОЗАЩИТНЫЕ ПРЕГРАДЫ

Приведены характеристики современных противопожарных конструкций, используемых для повышения пожарной безопасности зданий и сооружений. Описаны конструктивные особенности противопожарных ворот, дверей, окон, занавесей, штор. Приведены параметры огнестойкости этих конструкций по основным предельным состояниям. Особое внимание уделено светопрозрачным конструкциям.

**Ключевые слова:** противопожарные преграды, огнестойкость, огнестойкие светопрозрачные конструкции.

Противопожарные преграды являются одним из основных способов обеспечения нераспространения пожара по зданию от места его возникновения.

В число противопожарных преград Федеральным законом “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности” [1] включены противопожарные перегородки, которые могут быть как сплошными, так и с различными проемами.

Для использования в зданиях различного назначения разработаны и применяются различные огне- и дымозащитные преграды: перегородки (в том числе светопрозрачные), ворота, двери, окна, люки, занавесы, шторы.

Требования к таким ограждающим конструкциям и типам противопожарных преград устанавливаются с учетом классов функциональной пожарной опасности помещений, величины пожарной нагрузки, степени огнестойкости и класса пожарной опасности здания.

Количественные характеристики пределов огнестойкости противопожарных преград и заполнения проемов в них приведены в табл. 1 и 2.

Необходимость применения противопожарных ограждающих конструкций регламентирована общероссийскими нормативными документами [2–4], а также региональными строительными нормами [5].

Основным способом обеспечения безопасности людей при возникновении пожара в здании является их беспрепятственная эвакуация в безопасную зону. Поэтому необходимо предусматривать быстрый доступ к эвакуационным путям внутри здания. В зданиях (в том числе высотных) основными путями эвакуации являются лестницы, которые позволяют людям за максимально короткое время до-

стичь зон безопасности. Лестницы в сочетании с пожарными лифтами должны являться безопасными путями доступа пожарных и спасателей к очагу пожара.

Пути эвакуации включают все необходимые коридоры и лестничные марши, а также различные переходы и тамбуры, которые должны обладать необходимой огнестойкостью. Ограждения путей эвакуации должны иметь пределы огнестойкости не менее EI 45, а конструкции заполнения противопожарных преград: E 30, E 60 — для окон и внешних витражей и не менее EI 30 — для внутренних перегородок и дверей.

**Таблица 1.** Пределы огнестойкости противопожарных преград

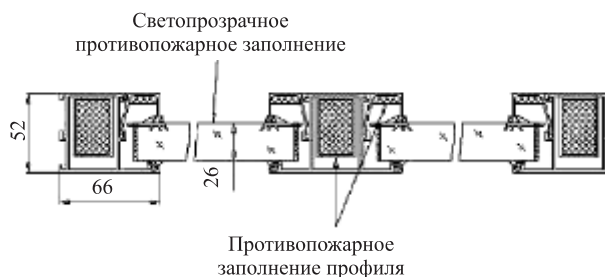
Наименование противопожарных преград	Тип противопожарных преград	Предел огнестойкости противопожарных преград	Тип заполнения проемов в противопожарных преградах	Тип тамбур-шлюза
Стены	1	REI 150	1	1
	2	REI 45	2	2
Перегородки	1	EI 45	2	1
	2	EI 15	3	2
Светопрозрачные перегородки с остеклением площадью более 25%	1	EIW 45	2	1
	2	EIW 15	3	2
Перекрытия	1	REI 150	1	1
	2	REI 60	2	1
	3	REI 45	2	1
	4	REI 15	3	2

**Таблица 2.** Пределы огнестойкости заполнения проемов в противопожарных преградах

Наименование элементов заполнения проемов в противопожарных преградах	Тип заполнения проемов в противопожарных преградах	Предел огнестойкости
Двери (за исключением дверей с остеклением более 25% и дымогазонепроницаемых дверей), ворота, люки, клапаны, шторы и экраны	1	EI 60
	2	EI 30
	3	EI 15
Двери с остеклением более 25%	1	EIW 60
	2	EIW 30
	3	EIW 15
Дымогазонепроницаемые двери (за исключением дверей с остеклением более 25%)	1	EIS 60
	2	EIS 30
	3	EIS 15
Дымогазонепроницаемые двери с остеклением более 25%, шторы и экраны	1	EIWS 60
	2	EIWS 30
	3	EIWS 15
Двери шахт лифтов	2	EI 30 (в зданиях высотой не более 28 м предел огнестойкости дверей шахт лифтов принимается E 30)
Окна	1	E 60
	2	E 30
	3	E 15
Занавесы	1	EI 60

В последнее время в качестве противопожарных перегородок в общественных зданиях, торговых комплексах и др. все чаще применяются огнестойкие светопрозрачные конструкции. В качестве основного конструкционного материала при их изготовлении предлагаются сплавы алюминия. Такие конструкции обладают определенными преимуществами: коррозионной стойкостью, небольшой массой, достаточной прочностью. Одновременно в связи с низкой температурой плавления алюминиевых сплавов конструкции на их основе обладают невысокой огнестойкостью (как правило, не более 25 мин).

Фирмой “Фототех” [6] реализован способ повышения пределов огнестойкости алюминиевых профилей путем заполнения их центральных камер термостойкими и теплопоглощающими композициями, например стальной трубой, предварительно покрытой термозащитным составом или заполненной теплопоглощающим материалом. Подобным



**Рис. 1.** Горизонтальное сечение противопожарной светопрозрачной перегородки ООО “Фототех” огнестойкостью EI 30 – EI 60

способом удастся повысить предел огнестойкости светопрозрачных конструкций до EI 90.

Схема подобного технического решения показана на рис. 1.

Примеры светопрозрачных огнестойких перегородок представлены на рис. 2 и 3.

Дизайнерами и архитекторами зачастую выдвигается требование уменьшения количества переплетов рам в общей схеме противопожарного остекления. Удовлетворение этого требования возможно применением безрамной установки противопожарных стекол, в которых они последовательно следуют друг за другом, разделенные только швами. Противопожарная устойчивость подобной конструкции может быть достигнута использованием стекол повышенной огнестойкости и соответствующим уплотнением швов.

Огнестойкость стекол достигается двумя способами: применением многослойных конструкций, между листами силикатных стекол которых расположены специальные слои, образующие в случае пожара термостойкий кокс, и использованием слоев жидкого стекла с органическими присадками.

В первом случае при тепловом воздействии на светопрозрачную конструкцию происходит замедление проникновения тепла на необогреваемую сторону в результате протекания эндотермических процессов в терморасширяющемся материале и задержки теплопередачи образующимся коксом. В качестве такого материала зачастую применяют аминоподобные фосфорнокислого алюминия, которые при возникновении пожара сильно вспучиваются и образуют прочный коксовый слой.

При использовании жидкого стекла первый слой светопрозрачной конструкции под воздействием пожара растрескивается, наполнитель вспенивается за счет испарения содержащейся в нем воды и превращается в жесткий слой кокса, который препятствует дальнейшему прогреву конструкции. Общей проблемой создания светопрозрачных конструкций без переплетов является уплотнение швов между стеклами. Традиционные герметики оказываются



**Рис. 2.** Перегородка огнестойкая светопрозрачная типа ПСОМ-1-45. Предел огнестойкости — EI 45. Производитель — ООО “Фототех”

неприменимы, поскольку не обеспечивают при пожаре сохранение пространственной изоляции швов между отдельными стеклами.

К материалам герметиков предъявляются требования:

- сохранение эластичности при обеспечении герметизации швов в условиях повседневного применения;
- возможность создания диффузионного барьера для защиты содержащегося между стеклами слоистого наполнителя;
- обеспечение надежной герметизации швов между стеклами при температурах до 1000°C, перепадах давления до 20 кПа и механических нагрузках на конструкцию, возникающих при пожаре.

Подобные герметики созданы специалистами ООО “Фототех” [6]. Испытания показали, что эффективность герметиков достаточно высока. Пространственная изоляция швов сохраняется в течение всего времени испытаний конструкций на огнестойкость. Швы между стеклами огнестойкостью EI 45 сохраняют целостность и теплоизолирующую способность в течение более 45 мин.

Одним из распространенных способов конструктивной противопожарной защиты является использование противопожарных ворот, которые, выполняя свои обычные функции, в случае возникновения пожара препятствуют его распространению через проемы в зданиях. Тем самым создаются благоприятные условия для локализации пожара, безопасной эвакуации людей и защиты путей эвакуации.

Существует большое количество типов противопожарных ворот (рис. 4), применение которых диктуется прежде всего архитектурно-строительными особенностями зданий, в которых предполагается их использование.



**Рис. 3.** Перегородка огнестойкая светопрозрачная типа ПСОМ-1-60. Предел огнестойкости — EI 60. Производитель — ООО “Фототех”

Внешний вид некоторых типов противопожарных ворот, представленных на отечественном рынке ООО “Каланча” [7], показан на рис. 5–10.

В практике противопожарной защиты используются распашные, откатные, сдвижные, опускаемые и секционные противопожарные ворота.

Сдвижные, откатные и опускаемые противопожарные ворота могут выполняться в телескопическом варианте и содержать две-три створки. Телескопические ворота рекомендуется применять в тех случаях, когда недостаточно необходимого для размещения плоскости ворот расстояния под краем проема до стены или по бокам.

Секционные ворота рекомендуется применять в случаях, когда недостаточно места наверху и по сторонам проема.

Особенностью распашных ворот является их большие размеры. Это делает их менее практичными по сравнению с другими типами.

Иногда противопожарные ворота изготавливаются со встроенной противопожарной дверью, которая может служить средством обеспечения безопасности людей на путях эвакуации.

Важной характеристикой противопожарных ворот является их предел огнестойкости. Огнестойкость ворот определяется по двум предельным состояниям: потере целостности (E) и потере теплоизолирующей способности (I). Минимальный предел огнестойкости ворот составляет 15 мин, а максимальный может достигать 90 мин.

В наиболее распространенных стальных противопожарных воротах в качестве теплоизоляционного слоя применяется негорючая минеральная вата марки НГ. Предел огнестойкости таких ворот достигает 60 мин, а в некоторых случаях – 90 мин.

На российском рынке широко представлены противопожарные ворота Марс, производимые поль-



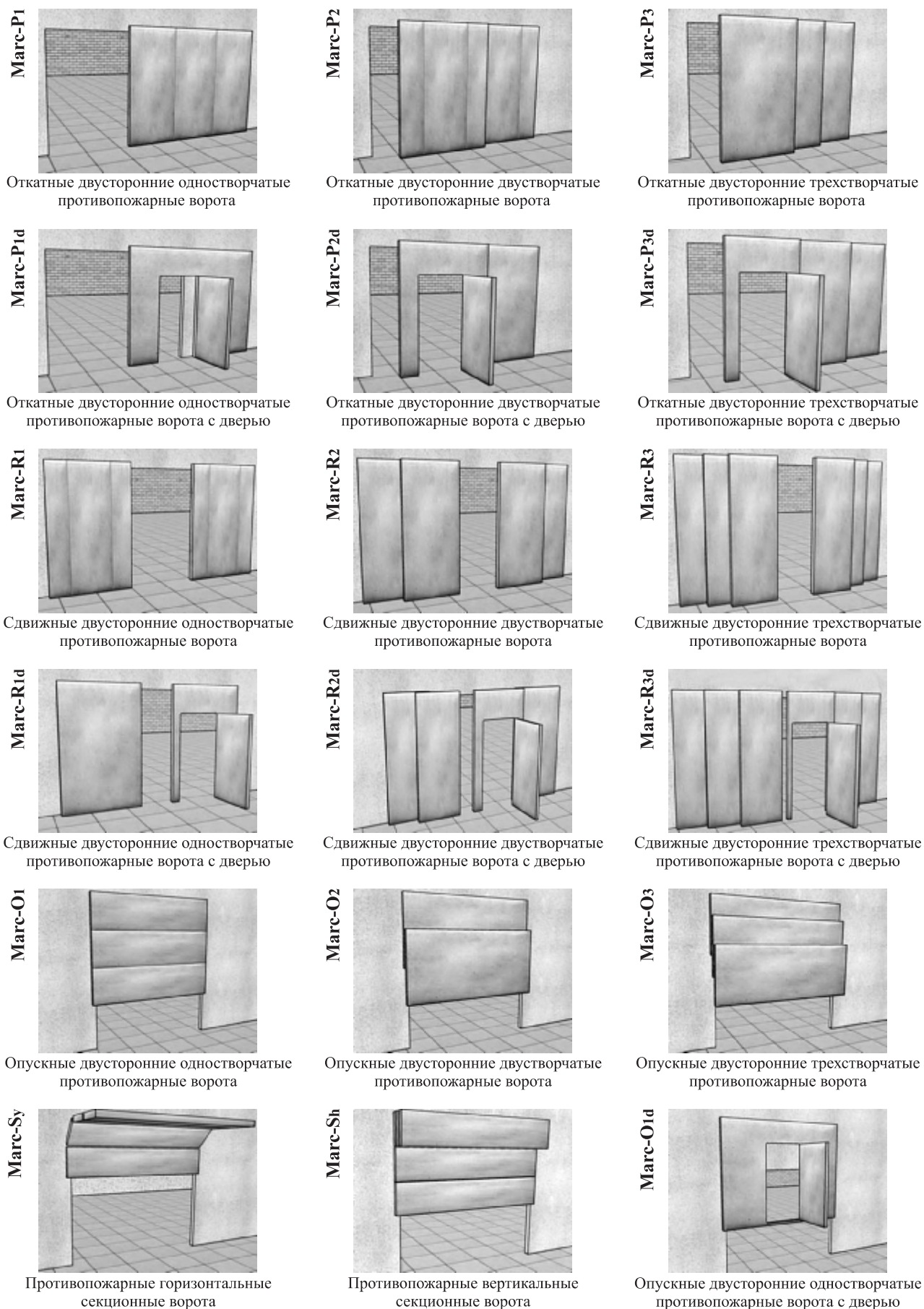


Рис. 4. Типы противопожарных ворот



Рис. 5. Откатные противопожарные ворота



Рис. 8. Сдвижные противопожарные ворота



Рис. 6. Откатные противопожарные ворота с дверью



Рис. 9. Опускные противопожарные ворота в производственном помещении



Рис. 7. Откатные телескопические противопожарные ворота



Рис. 10. Опускные телескопические противопожарные ворота

ской компанией “Malkowski Martech”. Эксклюзивным представителем этой компании в России является ООО “Каланча”.

Важную роль при выборе противопожарных ворот для конкретных зданий имеют их размеры. Противопожарные ворота подлежат обязательной сертификации. Некоторые типы ворот, поставляемые на российский рынок, сертифицированы с конкрет-

ными размерами, для других указываются возможные диапазоны размеров. В ряде случаев, с учетом архитектурно-планировочных особенностей здания, необходим индивидуальный подход к выбору размеров ворот, тогда они делаются на заказ. Изготовление противопожарных ворот индивидуальных размеров позволяет проектировщикам оптимизировать затраты на противопожарную защиту, сни-



Рис. 11. Противопожарная светопрозрачная дверь производства ООО “Фототех” огнестойкостью EI 60

жая уровень пожароопасности помещений, например, путем деления их на противопожарные отсеки меньшей площади. При возникновении пожара в одном из отсеков он будет локализован и не распространится на другие помещения.

Современные требования зачастую подразумевают автоматизацию противопожарных ворот, что повышает надежность создания преград для распространения пожара. Решение о закрывании ворот вручную или автоматически должен принимать проектировщик с учетом мнения заказчика. Противопожарные ворота могут закрываться по команде, поступающей от датчиков пожарной сигнализации. При этом необходимо потратить дополнительные средства для их оборудования электрическим приводом.

Противопожарные ворота являются немаловажным предметом интерьера помещения. Поэтому их внешний вид ничем не отличается от обычных ворот. Современные противопожарные ворота обладают красивым дизайном и сочетаются с остальными элементами сооружений по цветовой гамме и строению. Одновременно они предоставляют архитекторам и проектировщикам большие возможности по решению разнообразных задач обеспечения пожарной безопасности объектов.

В качестве элементов противопожарных преград используются противопожарные двери различных модификаций. Они применяются как самостоятельные конструкции или в составе перегородок (в том числе светопрозрачных). На рынке широко представлены светопрозрачные противопожарные двери: одно- и двухпольные, холодные и теплые, с импостами и без импостов, сплошные и с остеклением, со встроенными в стеклопакеты жалюзи. В ряде случаев противопожарные двери оснащаются системами “антипаника”, которые являются обязательными при комплектации дверей эвакуа-



Рис. 12. Окно противопожарное ОП1-60

ционных выходов. Разработаны [6] конструкции дверей для “рассечек” длинных коридоров (например, в больницах или учебных заведениях). Такие двери снабжены системами синхронного закрывания, роликовыми замками-защелками и терморигелями. Совокупность этих устройств обеспечивает возможность одновременного открывания обеих створок двустворчатых дверей с любой стороны коридора без применения системы “антипаника”.

Модельный ряд противопожарных дверей серии ДПМ-Пульс (одно- и двухпольных) представлен НПО “Пульс”.

Дверь противопожарная ДПМ-01/60 представляет собой прочную однопольную конструкцию с пределом огнестойкости EI 60 в сплошном и остекленном исполнении. Площадь остекления может составлять до 25% площади дверного проема.

Дверь противопожарная ДПМ-01/30 — однопольная с пределом огнестойкости EI 30. Выпускается в двух вариантах: сплошная и с остеклением до 25% площади дверного проема.

В стандартную комплектацию дверей входят: торцевая коробка, монтажная рама для работы в проеме с чистовой отделкой, врезной цилиндрический замок (с защелкой) в замковой створке, нажимные ручки с декоративными планками, противосъемные ригели, термоуплотнительная лента, комплект монтажных частей.

Противопожарные двери со сплошным остеклением производит ООО “Фототех” (рис. 11).

Противопожарные окна и витражи все чаще применяются для заполнения проемов в противопожарных преградах (рис. 12 и 13).

Противопожарные окна и витражи предназначены для защиты людей и материальных ценностей от опасных факторов пожара: открытого пламени, повышенной температуры, дыма, токсичных продуктов горения.





Рис. 13. Противопожарный витраж EI 45

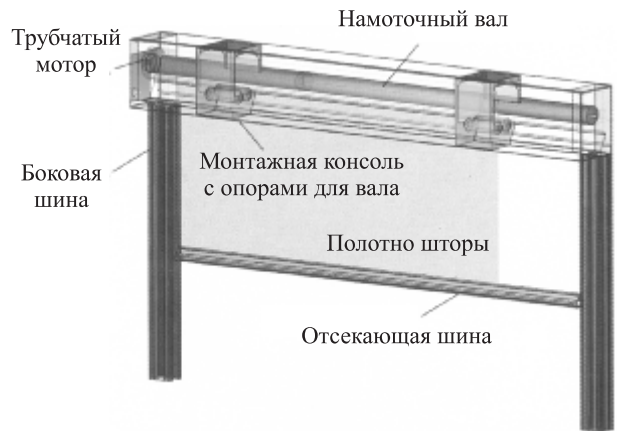


Рис. 16. Конструкция дымозащитной шторы

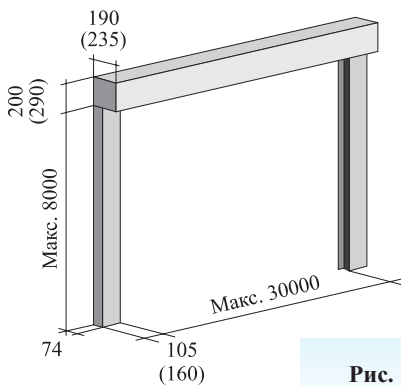


Рис. 14. Конструкция огнезащитной шторы

Окна и витражи изготавливаются из алюминиевого профиля ВСППО со специальным армированием; светопрозрачное заполнение — «Щит-М» (ООО «Фототех»).

Пределы огнестойкости окон Е 15 – Е 60. Витражи выпускаются с пределами огнестойкости EI 45.

В качестве противопожарных преград в современном строительстве используют огне- и дымозащитные шторы и занавесы.

Общая схема огнезащитных штор показана на рис. 14.

Огнезащитные шторы управляются, как правило, электронной автоматической системой, которая

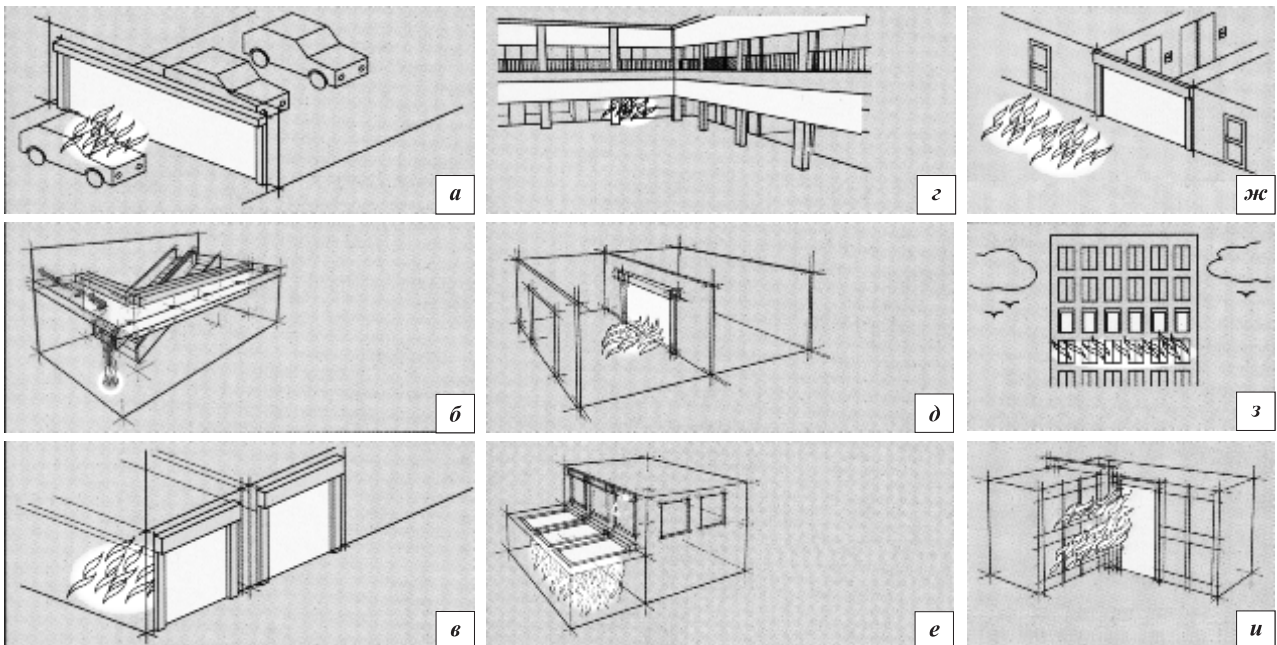


Рис. 15. Примеры использования огнезащитных штор: а — защита паркингов; б — защита эскалаторов; в — защита фасадов; г — защита атриумов; д — разделение больших площадей; е — положение преграды на потолочных проемах с горизонтальным перемещением полотна; ж — ограждение лифтовых холлов; з — защита технического этажа; и — угол между зданиями менее 120°



приводится в действие элементами пожарной сигнализации.

Материалом для штор служит стекловолокно, армированное нержавеющей проволокой с защитным покрытием, толщиной примерно 0,7 мм.

Один из основных поставщиков огнезащитных штор — ООО «Огнезащита Штёбих» — рекомендует их применение для противопожарной защиты помещений и зданий по схемам, представленным на рис. 15.

Конструкция дымозащитных штор показана на рис. 16. Их рекомендуется применять в помещениях большого объема: торговых центрах, многоцеле-

вых спортивных аренах, цехах промышленных предприятий, музеях и выставочных залах и т.д.

Материалом для дымозащитных штор обычно служит стекловолоконная ткань с защитным напылением толщиной примерно 0,7 мм.

Рассмотренные примеры использования противопожарных преград в современном строительстве свидетельствуют о значительных успехах в этой области. Ежегодно на отечественном рынке появляются новые конструкции, применение которых позволяет решать все усложняющиеся задачи противопожарной защиты строительных объектов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Федеральный закон** от 22.07.08 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». — Принят Гос. Думой 4 июля 2008 г. ; одобр. Советом Федерации 11 июля 2008 г. — М. : ФГУ ВНИИПО, 2008. — 157 с.
2. **ГОСТ 12.1.004–91\***. Пожарная безопасность. Общие требования. — Утв. Госстрой СССР 14 июня 1991 г. ; введ. в действие с 1 июля 1992 г. — М. : ИПК Изд-во стандартов, 2002.
3. **ПБ 01–03**. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. — Утв. МЧС РФ 18 июня 2003 г. ; введ. в действие с 30 июня 2003 г. — М. : ФГУ ВНИИПО, 2003. — 180 с.
4. **СНиП 21-01–97\***. Пожарная безопасность зданий и сооружений. Общие требования (с Изм. №1 , 2). — Утв. Минстрой СССР 13 февраля 1997 г. ; введ. в действие с 1 января 1998 г. — М. : ГУП ЦПП, 2002.
5. **МГСН 4.04–94**. Многофункциональные высотные здания и комплексы. — Утв. Правительством Москвы 23 декабря 1994 г. ; введ. в действие с 1 января 1995 г. — М. : ГУП «НИАЦ», 1994.
6. **Галашин, А. Е.** Противопожарные светопрозрачные конструкции «Фототех Спонфайер» / А. Е. Галашин // Пожарная безопасность в строительстве. Октябрь 2008. — С. 47–49.
7. **Земскова, Ю.** Современные противопожарные ворота / Ю. Земскова, З. Малковски // Пожарная безопасность в строительстве. — Август 2007. — С. 32–36.

*Материал поступил в редакцию 16.03.08.  
© Лятин А. В., 2008 г. (тел. +7 (495) 772-37-92).*



**А. Н. Бочкарев**  
доцент Московского государственного  
технического университета  
гражданской авиации

УДК 658/562:621.396:681.5

## МЕТОДИКА ОРГАНИЗАЦИИ МНОГОУРОВНЕВЫХ СИСТЕМ АВИАЦИОННОЙ И ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ВОЗДУШНОМ ТРАНСПОРТЕ

Рассматриваются системы, методы и средства выявления взрывчатых веществ, взрывных устройств и других опасных предметов на теле человека и в его одежде при проведении предполетного досмотра пассажиров и обслуживающего персонала методом радиолокационного сканирования.

**Ключевые слова:** авиационная и пожарная безопасность, взрывчатое вещество, радиолокационный сканер.

Одной из основных проблем обеспечения авиационной и пожарной безопасности в гражданской авиации является исключение попадания легковоспламеняющихся, пожароопасных и взрывчатых веществ, взрывных устройств и других опасных предметов (особенно закамуфлированных или скрытно спрятанных на теле и в одежде человека) в контролируемую зону. Как показали исследования авторов, для решения этой задачи необходимо использовать системы радиолокационного сканирования или так называемый метод “радиосигнального” голографирования, который основан на излучении активных миллиметровых волн. Эти волны, не проникая через кожу человека, отражаются от него. Они абсолютно безвредны даже для тех, кто использует кардиостимуляторы, поскольку мощность излучаемого ими сигнала в десять тысяч раз ниже мощности сигнала обычного мобильного телефона. Радиолокационные сканирующие системы предназначены для бесконтактного досмотра пассажиров и обслуживающего персонала с целью обнаружения на их теле и в одежде любых опасных веществ, материалов и изделий скрытого ношения, которые могут быть использованы для совершения акта незаконного вмешательства.

Перспективы развития радиолокационных сканирующих порталов связаны с совершенствованием программного обеспечения — вплоть до автоматизированного распознавания образов опасных объектов, что приведет к минимизации или даже исключению человеческого фактора при досмотре, а следовательно, снижению или исключению вероятности сговора террористов с возможными сообщниками среди персонала, задействованного в обслуживании пассажиров.

Кроме того, системы радиолокационного сканирования можно интегрировать в строительные конструкции, входные двери и турникеты, предметы обстановки аэровокзалов, контрольно-пропускные пункты, пункты предполетного досмотра. В этом случае обслуживающий персонал и пассажиры даже не будут знать, в какой момент их досматривают.

В настоящее время на российском рынке представлен новый досмотровый радиолокационный сканирующий портал по обнаружению любых скрытых на теле человека веществ, предметов и изделий из любых материалов — “Safe Scout 100” компании “L3-Safe View” (США). Рассмотрим организацию работы подразделений авиационной безопасности (с учетом использования радиолокационного сканера) по выявлению взрывчатых и пожароопасных предметов и веществ у лиц, имеющих намерение совершить теракт или диверсию на воздушном транспорте (рис. 1).

Сотрудник службы авиационной безопасности (АБ), находящийся у радиолокационного сканера (РС) (рис. 2):

- выполняет перевод РС в рабочее состояние, для чего устанавливает клавишу переключателя на корпусе сканера в положение “1”. Признаком нормальной работы сканера являются работающие вентиляторы его системы охлаждения;
- спустя 3 мин после запуска сканера включает рабочую станцию;
- при получении от оператора РС подтверждения о готовности к досмотру направляет пассажира, рекомендованного профайлером для проведения тщательного досмотра или находящегося в

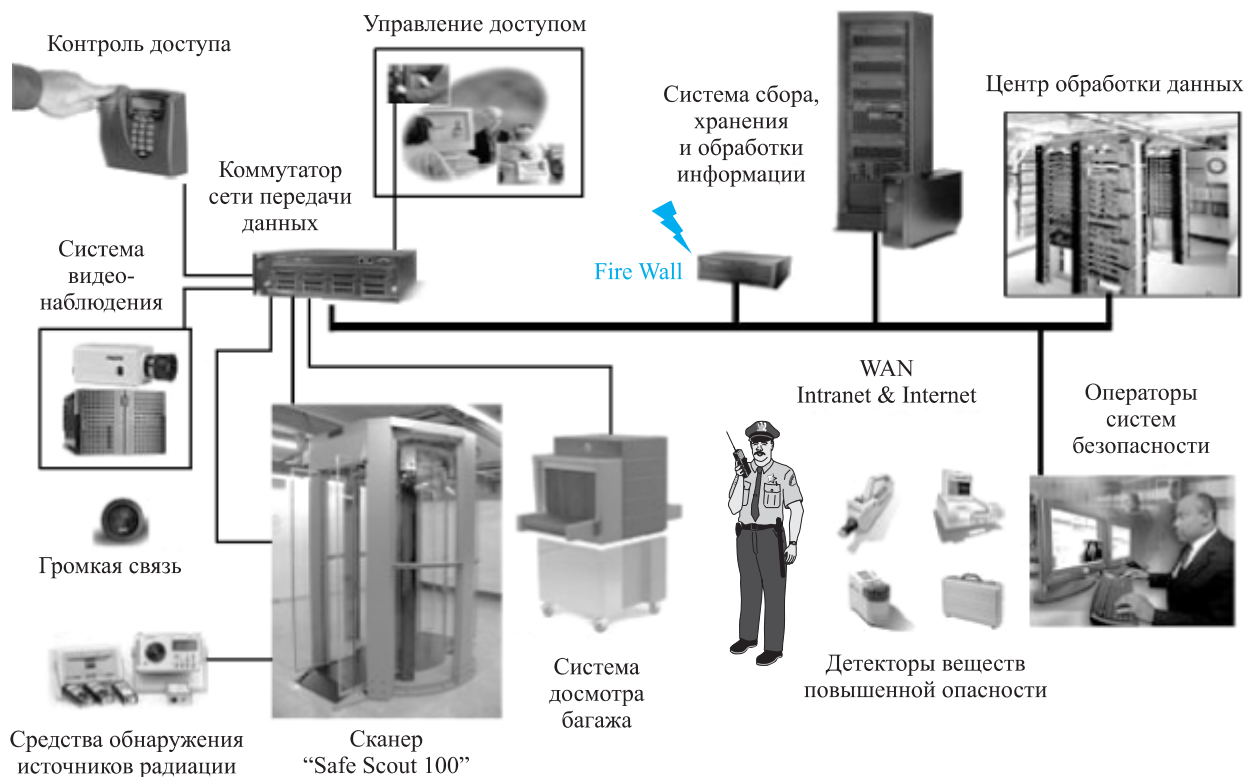


Рис. 1. Сканер “Safe Scout 100” в комплексе с другими приборами в интегрированной системе безопасности



Рис. 2. Общий вид радиолокационного сканера

просторной, не плотно прилегающей одежде, на досмотр с использованием РС;

- обеспечивает выполнение пассажиром установленных правил при его нахождении в сканере — положение рук пассажира должно быть вертикально вверх;
- не разрешает преждевременный выход пассажира из зоны контроля сканера;

- наблюдает за поведением пассажира с целью предотвращения возможных преступных намерений с его стороны;
- при получении от оператора сообщения (условный сигнал, радио, мобильная связь) о положительных результатах досмотра (отсутствие у пассажира посторонних предметов и веществ) приглашает пассажира на выход из сканера и направляет его к месту одевания верхней одежды и обуви. В случаях, когда оператор обнаруживает признаки наличия опасных предметов и веществ на теле или в одежде пассажира, он сообщает об этом условным сигналом старшему группы досмотра для принятия мер по изъятию обнаруженных опасных предметов у пассажира;
- обеспечивает перевод сканера в нерабочее состояние, для чего устанавливает клавишу переключателя на корпусе сканера в положение “0”. Признаком неработающего состояния сканера является выключение вентиляторов его системы охлаждения.

Сотрудник службы АБ у экрана монитора рабочей станции, находящейся в специально отведенном закрытом помещении, площадь которого должна быть не менее 6 м<sup>2</sup>:

- через 3 мин после включения сканера осуществляет перевод рабочей станции в рабочее состояние, для чего:

- устанавливает тумблер на фронтальной панели пульта оператора в положение “включено”;
- курсор с помощью “мыши” помещает в окно с надписью “User Name”, щелкает левой клавишей “мыши”, после чего с клавиатуры вводит имя пользователя;
- курсор с помощью “мыши” помещает в окно с надписью “Password”, щелкает левой клавишей “мыши”, после чего с клавиатуры вводит установленный пароль;
- курсор с помощью “мыши” помещает в окно с надписью “Ok”, после чего нажимает левую клавишу “мыши” — при правильном вводе имени пользователя и пароля на экране монитора высвечивается рабочий стол, на котором располагается программа управления сканером;
- при высвечивании в правом верхнем углу рабочего стола кнопки с надписью “Error” с помощью кнопки с двумя стрелками возле надписи “Error” удаляет сообщение об ошибке, после чего с помощью кнопки “Сброс” производит сброс ошибки и с помощью кнопки “Calibrate” осуществляет калибровку сканера. Антенны сканера начинают медленно перемещаться, на экране монитора последовательно появляются два сообщения: “Информация SCU: Калибровочный двигатель запущен” и “Ошибка SCU: производится рекалибровка”;
- с помощью кнопки “Сброс” производит повторный сброс ошибки “Ошибка SCU: производится рекалибровка” и с помощью кнопки “Calibrate” осуществляет повторную калибровку сканера. Антенны сканера начинают перемещаться в 2 раза быстрее, чем при первичной калибровке. При высвечивании в правом верхнем углу рабочего стола кнопки с надписью “On Line” РС к работе готов;
- с помощью кнопки “Scan”, расположенной в левом нижнем углу рабочего стола, производит пробный запуск сканера, обеспечивая режим сканирования;
- при личном наблюдении или получении от специалиста по досмотру сообщения (условным сигналом или по радио) о готовности пассажира к досмотру включает режим сканирования с помощью кнопки “Scan”. Антенны РС начинают свое движение и производят сканирование;
- при появлении на экране монитора трехмерного изображения тела пассажира идентифицирует

выделенные красным или синим прямоугольником подозрительные предметы и вещества на его теле или в одежде;

- переходит в расширенный уровень доступа пользовательского интерфейса и производит детальное изучение обнаруженных подозрительных предметов на теле или в одежде пассажира с целью принятия более обоснованного решения о задержании досматриваемого. Особое внимание обращается на симметричность элементов одежды или тела пассажира, различные веревочки и завязки, предметы, находящиеся на теле, а также на расстоянии от тела пассажира, объекты с оттенками серого цвета;
- при обнаружении опасных предметов и веществ (оружие, боеприпасы, взрывчатые, ядовитые и отравляющие вещества, легковоспламеняющиеся жидкости, средства взрывания, взрывные и зажигательные устройства, колюще-режущие предметы) немедленно сообщает об этом (условным сигналом или по радио, мобильной связи) старшему группы досмотра службы АБ;
- при преждевременном выходе пассажира из зоны контроля РС и появлении на экране монитора расплывчатых, смазанных и плохого качества трехмерных изображений пассажира с помощью кнопки “Stop” прерывает режим сканирования и информирует (условным сигналом или по радио) специалиста по досмотру о повторном направлении пассажира на досмотр;
- с помощью кнопки “Сброс” осуществляет перевод сканера в рабочее состояние. После смены цвета окна с красного на зеленый повторно используется кнопка “Сброс”.

При проведении повторного сканирования пассажиров другого рейса для получения максимально возможного качественного изображения сканер должен находиться во включенном состоянии перед началом предполетного досмотра пассажиров не менее 20 мин.

Отключение сканера производится сотрудником службы АБ на фронтальной панели пульта управления РС.

Использование многоуровневых систем организации АБ, когда на первом уровне стоят стационарные металлоискатели, а на втором размещаются радиолокационные сканеры, позволяет не допустить попадания опасных предметов на борт самолетов и в контролируемую зону аэропорта, обеспечивая надежную защиту гражданской авиации от терактов.

*Материал поступил в редакцию 04.07.08.*

© Бочкарев А. Н., 2008 г. (тел. +7 (495) 729-23-80)





**В. Н. Шульгин**  
канд. техн. наук, доцент,  
профессор Академии Государственной  
противопожарной службы МЧС РФ



**В. А. Седнев**  
д-р техн. наук, заведующий кафедрой  
Академии Государственной  
противопожарной службы МЧС РФ

УДК 614.849

## ТРЕБОВАНИЯ К ЗАЩИТНЫМ СООРУЖЕНИЯМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ ПРИ ПОЖАРАХ

Рассмотрены требования к защитным сооружениям гражданской обороны при пожарах. Приведены параметры используемых в режиме регенерации специальных средств очистки подаваемого в убежище наружного воздуха. Определены категории по пожарной опасности и степень огнестойкости защитных сооружений гражданской обороны. Рассмотрены нормативные требования для дизельных электростанций, общие противопожарные требования к строительным конструкциям защитных сооружений и влияние прогрева на несущую способность перекрытий и герметичность сооружения.

**Ключевые слова:** защитные сооружения гражданской обороны, противопожарные требования.

При массовом пожаре газовый состав и температура воздушной среды на территории промышленного предприятия могут изменяться в широких пределах в зависимости от сложившейся пожарной обстановки. При таких условиях подача воздуха в защитные сооружения гражданской обороны вызывает соответствующие изменения параметров внутренней среды. Повышение температуры воздуха внутри убежища выше допустимых значений может привести к тепловому удару и даже гибели людей.

Поглощение укрываемыми окиси углерода, падающей в убежище при пожаре, может вызвать отравления различной степени, в том числе и смертельные. В качестве показателя воздействия окиси углерода на людей принимается величина, равная произведению ее концентрации  $C_{CO}$  на время поглощения  $t$  людьми, которую можно назвать дозой поглощения  $D_{CO}$  [1]. Если поглощение окиси углерода укрываемыми за время их пребывания в убежище превышает предельно допустимую дозу, то СО может оказать токсичное действие на людей и привести к их гибели.

Защита укрываемых от воздействия продуктов горения при существующем внутреннем оборудовании убежищ в режимах I и II в ряде случаев не обеспечивается.

Исследования показали, что режим регенерации с подачей наружного воздуха через фильтры ФГ-70 обеспечивает надежную защиту при условии работы в период всей расчетной продолжительности пожара. Однако установка РУ-150/6 работает только 6 ч [2].

Приказом начальника гражданской обороны СССР, заместителя Московской области СССР от 26.12.1988 г. к эксплуатации принята регенеративная установка “Устройство регенерации 300” (У-300). В связи с этим следует предусматривать специальные мероприятия по усовершенствованию системы воздухообеспечения убежища. К числу возможных мероприятий относятся: применение в режиме II фильтров-дожигателей ФГ-70 для очистки подаваемого в убежище наружного воздуха от окиси углерода; полная изоляция с регенерацией внутреннего воздуха в установках РУ-150/6, “Устройства регенерации 300” или РВ-150; подача в систему воздухообеспечения убежища воздуха из баллонов; рациональные последовательность и продолжительность существующих и предлагаемых режимов воздухообеспечения убежищ. В соответствии со СНиП II-11-77\* [3] защитные сооружения следует размещать в подвальных помещениях производств категорий по пожарной опасности Г и Д.

Допускается в отдельных случаях размещение защитных сооружений гражданской обороны в подвальных помещениях производств категорий А, Б, В и Е при обеспечении полной изоляции подвалов от наземной части зданий, необходимой защиты входов (выходов) и снижения нагрузки от возможного взрыва в здании до 80% по сравнению с эквивалентной расчетной нагрузкой.

Здания и инженерные сооружения, в которые предусматривается встраивать убежища или противорадиационные укрытия, расположенные в зоне воздействия ударной волны, должны быть не ниже

II степени огнестойкости. Минимальный предел огнестойкости основных строительных конструкций следует принимать для убежищ по СНиП [3], для противорадиационных укрытий в зоне воздействия воздушной ударной волны — по противопожарным нормам проектирования зданий и инженерных сооружений для объектов II степени огнестойкости, для противорадиационных укрытий вне зоны воздействия ударной волны — по противопожарным нормам проектирования зданий и сооружений, в которые они встроены.

Для внутренней отделки помещений защитных сооружений гражданской обороны должны применяться негорючие материалы. Запрещается использование горючих синтетических материалов для изготовления нар и другого оборудования. При использовании под убежища гардеробных помещений, размещаемых в подвалах, хранение домашней и рабочей одежды должно производиться на металлических вешалках или в металлических шкафчиках.

В складских помещениях, приспособляемых под защитные сооружения гражданской обороны вместимостью 600 чел. и более и используемых для хранения горючих материалов и негорючих в горючей таре, следует предусматривать устройство автоматических установок пожаротушения, а также вентиляции, используемой для дымоудаления.

При приспособлении под убежища помещений, в которых в мирное время размещаются производства категории В (стоянки легковых автомашин, склады горючих материалов и негорючих материалов в горючей таре) следует предусматривать возможность удаления дыма при пожаре с помощью вытяжной системы вентиляции. Объем удаляемого воздуха должен составлять не менее четырехкратного, при этом следует устанавливать герметический клапан (или уплотняющую заслонку) с электроприводом, открытие которого должно производиться одновременно с пуском вентилятора.

Пуск вентилятора должен предусматриваться: от пускового устройства в фильтро-вентиляционном помещении; от пускового устройства, устанавливаемого у основного входа в убежище, используемого в мирное время; от дымовых извещателей. Одновременно с пуском вентилятора дымоудаления выключаются вентиляторы и закрываются герметическими клапанами приточные системы вентиляции.

Защитные сооружения гражданской обороны должны иметь не менее двух входов с шириной двери не менее 0,8 м и ее высотой не менее 1,8 м [2, 3]. Вход (выход) в (из) убежище(а), имеющее дизельную электростанцию, через общую лестничную клетку многоэтажного здания допускается предусматривать при условии отделения глухими неог-

рочими ограждениями маршей, идущих в подвал, от маршей, идущих на второй и последующие этажи, и устройства обособленного выхода наружу.

Помещение машинного зала и запаса топливно-смазочных материалов защищенных дизельных электростанций следует относить по пожарной опасности к категории В с оборудованием стационарными автоматическими противопожарными установками. Для дымоудаления из помещения дизельной электростанции допускается использовать вытяжной вентилятор.

В убежище вместимостью 600 чел. и более внутренний водопровод для пожаротушения следует предусматривать в тех случаях, когда это определено требованиями соответствующих глав СНиП в зависимости от назначения помещений в мирное время. В защитных сооружениях гражданской обороны ввод средств пожаротушения должен предусматриваться через входные проемы, заполняемые в мирное время обычными дверями. Защитные сооружения гражданской обороны в соответствии с их использованием в мирное время должны иметь первичные средства пожаротушения (ручные пенные огнетушители, песок и др.) в количестве, предусмотренном правилами пожарной безопасности.

Противопожарные требования необходимо учитывать в целях: исключения или максимального снижения возможности возникновения внутренних и наружных пожаров и ограничения распространения огня; обеспечения своевременного обнаружения пожара, быстрого и эффективного его тушения силами и средствами объекта; обеспечения безопасности обслуживающего персонала, находящегося в сооружении, и возможности продолжения его деятельности при возникновении пожара; создания условий для быстрого восстановления основных функций сооружения, поврежденного пожаром.

Противопожарные требования должны учитываться во всех частях разрабатываемого проекта защитного сооружения гражданской обороны. В пояснительной записке к проекту отражаются: особенности пожароопасности инженерных сооружений и помещений; требования пожарной безопасности в период эксплуатации защитных сооружений гражданской обороны; основные меры противопожарной защиты как самого сооружения, так и территории объекта; мероприятия по наружному и внутреннему пожаротушению на объекте. Противопожарные требования к строительным конструкциям защитных сооружений гражданской обороны сводятся к следующему: сооружения должны иметь степень огнестойкости не ниже II; максимальный предел огнестойкости основных строительных конструкций защитных сооружений гражданской обороны должен составлять 1 ч; строительные кон-

струкции сооружений должны быть выполнены из негорючих материалов.

Несущие элементы лестниц (площадки, косоуры, лестничные марши) на путях эвакуации выполняются из железобетонных конструкций, имеющих предел огнестойкости не менее 1,5 ч. В отдельных случаях могут быть применены косоуры маршевых лестниц из других материалов при условии их защиты негорючими материалами или огнезащитными покрытиями, повышающими предел их огнестойкости не менее чем до 1,5 ч. Технологические лестницы, обслуживающие отдельные помещения, могут быть металлическими без огнезащиты.

Двери складских помещений, дизельных электростанций, баллонной, аккумуляторной, тамбуров-шлюзов, помещения узла связи, комплексов технических средств автоматизированной системы управления, аппаратных, люки каналов, инженерных коммуникаций и т.п. следует предусматривать противопожарными.

Количество подземных этажей защитных сооружений гражданской обороны должно быть не более одного. Ограждающие конструкции, разделяющие сооружения на отдельные противопожарные отсеки, а также ограждающие конструкции тамбуров-шлюзов должны иметь предел огнестойкости не менее 4 ч.

Ограждающие конструкции помещений, имеющих собственные границы герметизации внутри противопожарного отсека, а также помещений с производствами категорий А, Б, В должны иметь предел огнестойкости не менее 2,5 ч [2, 3]. В помещениях, где возможно выделение горючих газов, коробчатые конструкции в перекрытиях применять запрещается.

Полы, крышки каналов и люков выполняются из негорючих материалов. Мебель и другой инвентарь помещений должны быть выполнены с негорючими несущими элементами.

Материалы, применяемые для облицовки (включая окраску), обивка и другие детали мебели должны быть трудногорючими; запрещается использование горючей мягкой мебели в сооружениях.

Ограждающие конструкции вентиляционных камер должны быть выполнены из негорючих материалов с пределом огнестойкости не менее 2 ч.

При пожарах особое внимание необходимо уделять воздействию прогрева на несущую способность перекрытий и герметичность защитного сооружения [1].

Тепловое воздействие массовых пожаров является не только причиной нагрева ограждающих конструкций, но в ряде случаев приводит к значительному снижению их расчетной несущей способности и нарушению герметичности сооружения.

Особую опасность прогрев представляет для перекрытия защитного сооружения как наиболее нагруженной конструкции. Поэтому несущая способность перекрытия должна определяться не только по силовому воздействию, но и по тепловой нагрузке.

При расчете перекрытий принимается следующее:

1. Несущая способность перекрытия до прогрева  $q_1$  соответствует расчетной эквивалентной статической нагрузке для данного защитного сооружения.

2. Несущая способность перекрытия после расчетного теплового воздействия пожара  $q_2$  не должна быть меньше  $0,15 \text{ кгс/см}^2$  в зданиях до трех этажей и  $0,3 \text{ кгс/см}^2$  в зданиях выше трех этажей, поскольку основной нагрузкой на перекрытия встроенных защитных сооружений при массовом пожаре является нагрузка от обрушивающихся конструкций.

3. Влияние ударной волны при определении величины  $q_2$  не учитывается, так как возникновение массовых пожаров возможно только при значении давления на фронте ударной волны не более  $0,5 \text{ кгс/см}^2$ , при котором ограждающие конструкции защитного сооружения не достигнут расчетных предельных состояний.

Величина  $q_2$  в пределах точности инженерных расчетов может быть определена из условия, что сжатый слой бетона  $h_1$ , температура которого достигла  $500^\circ\text{C}$  и выше, в работе сечения не участвует. Поэтому расчет несущей способности перекрытий с учетом тепловой нагрузки должен производиться при тепловых кратковременных воздействиях типа КВ-I, КВ-II, КВ-V и длительных воздействиях типа ДВ, при которых наружная температура может превышать  $500^\circ\text{C}$ . В других случаях (тепловые воздействия типа КВ-III и КВ-IV) влиянием прогрева на несущую способность перекрытий можно пренебречь.

Порядок расчета перекрытия с учетом его прогрева при пожаре можно рассмотреть на примере однопролетной балки. Для однопролетной железобетонной конструкции  $q_2$  определяется по формуле

$$q_2 = \frac{8A_s R_s h_0^1 \left(1 - \mu \frac{R_s}{R_u}\right)}{bl^2}, \quad (1)$$

где  $A_s$  — площадь поперечного сечения арматуры,  $\text{см}^2$ ;

$R_s$  — расчетное сопротивление арматуры,  $\text{кгс/см}^2$ ;

$R_u$  — расчетное сопротивление бетона, сжатого при изгибе,  $\text{кгс/см}^2$ ;

$h_0^1$  — рабочая высота сечения после нагрева конструкции,  $\text{см}$ ,  $h_0^1 = h_0 - h_1$ ;

$h_0$  — рабочая высота сечения до нагрева конструкции, см;

$h_1$  — высота слоя бетона, см, с температурой 500°C и более,

$$h_1 = 652a^{0,65}; \quad (2)$$

$a$  — коэффициент температуропроводности;

$b$  — ширина сечения, см;

$l$  — расчетный пролет конструкции, см;

$\mu$  — коэффициент армирования,  $\mu = \frac{A_s}{bh_0}$ .

При наличии над перекрытием слоя теплоизоляции  $h^{из}$  величина слоя  $h_1$ , прогретого до 500°C, находится по формуле (2) после подстановки в нее вместо коэффициента температуропроводности железобетона коэффициента температуропроводности теплоизоляции. Если  $h_1 < h^{из}$ , проверка способности перекрытия не производится. Если  $h_1 > h^{из}$ , величина  $h_1$  подсчитывается заново с учетом коэффициента температуропроводности, после чего по формуле (1) определяется  $q_2$ .

Для предотвращения нарушения герметичности сооружения необходимо предусматривать защиту герметизирующих материалов теплоизоляционным слоем, обеспечивающим сохранение их свойств при нагреве ограждений во время пожаров. Толщина такого слоя может определяться по специальным номограммам. Температура поверхности теплоизоляционного слоя, граничащей с герметизирующей прокладкой, принимается при расчете

равной предельной температуре применения герметизирующего материала.

В связи с тем, что предельная температура для герметизирующего материала как правило значительно ниже 500°C, расчет защитного теплоизоляционного слоя следует производить практически при воздействии любой (от КВ-I до ДВ) тепловой нагрузки.

В тех случаях, когда защитный теплоизоляционный слой рассчитан из условия поддержания на поверхности герметизирующего материала температуры ниже 500°C, дополнительная проверка несущей способности ограждений по тепловой нагрузке может не производиться.

Существенное влияние на общую герметичность сооружения может оказать также прогрев входных устройств и, в частности, их резиновых герметизирующих прокладок. В особенности это относится к наружной двери сооружения, герметизирующие прокладки которой при тепловом воздействии массовых пожаров прогорают. Прокладки внутренней герметической двери при этом сохраняются, поскольку при нормативных размерах тамбура температура внутренней двери во время пожара не превышает 100°C.

Использование для изготовления герметизирующих прокладок термостойкой резины или других подходящих для этой цели материалов (например, асбестового шнура) позволит предотвратить падение герметичности сооружения при массовых пожарах.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шульгин, В. Н. Особенности расчета защитных сооружений гражданской обороны при воздействии обычных средств поражения и в особых условиях : учебное пособие / В. Н. Шульгин. — Новгород : [б. и.], 2000.
2. Шульгин, В. Н. Защитные сооружения гражданской обороны : научно-практический труд / В. Н. Шульгин [и др.]. — Калуга : [б. и.], 2007.
3. СНиП II-11-77\*. Защитные сооружения гражданской обороны : утв. Госстроем СССР 13 октября 1977 г. : введ. в действие 1 июля 1978 г. — М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1987.

*Материал поступил в редакцию 20.10.08.*

© Шульгин В. Н., Седнев В. А., 2008 г. (тел. +7 (495) 617-27-78).





**О. Ю. Сабинин**

адъютант Академии Государственной  
противопожарной службы МЧС РФ

УДК 614.844.1

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОРОШКОВЫХ СОСТАВОВ НА ИХ ОГNETУШАЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ПРИ ИМПУЛЬСНОМ СПОСОБЕ ПОЖАРУТУШЕНИЯ

Представлены результаты экспериментальных исследований по изучению влияния свойств огнетушащих порошков, применяемых в импульсных модулях порошкового пожаротушения, на их огнетушащую способность. На основании данных лабораторных экспериментов определены требования к свойствам огнетушащего порошка, оптимизированного для модулей порошкового пожаротушения импульсного действия.

**Ключевые слова:** огнетушащие порошки, импульсные модули порошкового пожаротушения.

Импульсный способ подачи огнетушащих порошков — довольно новый, перспективный, динамически развивающийся вид порошкового пожаротушения, который обладает определенными преимуществами, такими как:

- малая инерционность установок, построенных на основе импульсных модулей, за счет чего имеется возможность ликвидации пожара в его “зародышевой” стадии, тем самым уменьшается возможный материальный ущерб, а также вред здоровью и жизни людей и животных;
- низкая металлоемкость, невысокая стоимость установок;
- высокая эффективность импульсных порошковых модулей (относительно низкий требуемый удельный расход порошка) за счет высоких скоростных характеристик газопорошковой струи, истекающей из них.

Однако, по мнению авторов, существует возможность дальнейшего повышения эффективности импульсных порошковых модулей за счет научно-обоснованной оптимизации технологических свойств огнетушащих порошков. Данное предположение было высказано в работах [1, 2]. Для достижения указанной цели были проведены лабораторные эксперименты, задачи которых сводились к следующим основным положениям:

1. Определение влияния технологических свойств порошков на их огнетушащую способность при импульсном способе тушения.

2. Нахождение зависимости огнетушащей способности порошков от их технологических свойств

и параметров подачи с учетом взаимодействия газопорошковой струи с восходящими конвективными потоками над модельным очагом пожара.

3. Обоснование свойств огнетушащих порошков для применения их в импульсных модулях.

### Планирование эксперимента

Исследования проводились в лабораторных условиях путем постановки полного факторного эксперимента.

В источниках [3, 4] показано, что основными свойствами огнетушащих порошков, влияющими на их огнетушащую способность, являются: содержание в химическом составе фосфорных солей, удельная поверхность, гранулометрический состав. Исходя из этого, для наиболее полного исследования поставленных вопросов определяли следующие варьируемые факторы эксперимента:

- $X_1$  — массовое содержание фосфорных солей в химическом составе огнетушащего порошка (в пересчете на  $P_2O_5$ ). Автором работы [4] показано, что на механизм огнетушащего действия порошкового состава именно гомогенное и гетерогенное ингибирование оказывает решающее действие. Наряду с этим способность фосфорно-аммонийного порошка к ингибированию определяется содержанием в его составе фосфорных солей. Поэтому увеличение в химическом составе порошка доли фосфорных солей должно привести к повышению его огнетушащей способности [5].

- $X_2$  — удельная поверхность огнетушащего порошка. При увеличении данного параметра возрастает

тают площадь поверхности взаимодействия частиц порошка с активными центрами пламени (при гетерогенном ингибировании), а также скорость испарения частиц порошка (что повышает скорость гомогенного ингибирования), следовательно, должна возрастать и огнетушащая способность порошковых составов [4].

•  $X_3$  — содержание в композиции ультрамелких частиц порошка. Очевидно, что при увеличении дисперсности порошка возрастает его огнетушащая способность. Однако такая закономерность будет справедлива до определенного, критического диаметра частиц порошка. Принимаем за критический диаметр частицы порошка  $d_{кр}$  минимальный ее диаметр, при котором частица за счет своих показателей инерции не будет отбрасываться восходящими конвективными потоками и проникнет в зону горения. Можно предположить, что при увеличении в составе полидисперсного порошка доли частиц, имеющих диаметр ниже критического, большая их часть не проникнет в зону горения, следовательно огнетушащая способность такого порошка должна снижаться. Проведенные предварительные опыты показали, что при импульсных условиях применения порошка  $d_{кр} < 25$  мкм. Так как в нашем распоряжении имеются сита с минимальным диаметром ячеек 25 мкм, то значение данного фактора, т.е. содержание в составе порошка частиц, диаметр которых ниже критического, с помощью ситового анализа мы определить не сможем. Этот фактор мы можем оценить только косвенно, по удельной поверхности самой мелкой фракции ( $< 25$  мкм). Как известно из источника [6], удельная поверхность порошка связана со средним размером его частиц соотношением:

$$d_{cp} = \frac{60000}{S\rho_m}, \quad (1)$$

где  $d_{cp}$  — средний диаметр частицы, мкм;

$S$  — удельная поверхность,  $\text{см}^2/\text{г}$ ;

$\rho_m$  — истинная плотность вещества,  $\text{г}/\text{см}^3$ .

Определение  $d_{cp}$  проводилось следующим образом:

- отбиралась фракция порошка  $< 25$  мкм;
- определялась удельная поверхность  $S$  этой фракции;
- по формуле (1) находился средний диаметр частиц фракции  $< 25$  мкм.

Очевидно, что при увеличении удельной поверхности фракции  $< 25$  мкм уменьшается средний диаметр частиц порошка и, соответственно, большая их часть будет иметь диаметр ниже критического, т.е. в определенных условиях не будет проникать в зону горения.

•  $X_4$  — начальная скорость газопорошковой струи. Согласно расчетным данным при увеличении начальной скорости частиц порошка снижается  $d_{кр}$ . Следовательно, большая часть частиц проникнет в зону горения и огнетушащая способность газопорошковой струи будет возрастать. К тому же авторы работы [7] повышение огнетушащей способности порошка при увеличении скорости порошковой струи объясняют следующим: при прохождении частицы порошка в пламени вокруг нее образуется зона, внутри которой горение отсутствует. У движущейся частицы эта зона несколько вытянута в сторону, противоположную движению, и чем быстрее перемещается частица, тем более вытянутой становится зона, где пламя еще не успело сомкнуться, и, следовательно, тем больший участок пламени будет потушен частицей за одно и то же время.

Выходное значение огнетушащей способности  $Y$  оценивалось двумя способами:

1) по минимальной массе порошка, способной ликвидировать горение единицы площади ЛВЖ ( $\text{г}/\text{м}^2$ ). В лабораторной установке значение  $Y$  определялось отношением массы навески порошка к площади очага горения;

2) по минимальной огнетушащей концентрации, определяемой датчиком концентрации огнетушащего порошка, устройство которого описано ниже. Указанный датчик располагался в зоне предполагаемого горения модельного очага. На рис. 1 представлены показания датчиков при подаче установкой навески порошка массой 200, 300 и 400 мг. Можно видеть, что при подаче навески огнетушащего порошка массой 200 мг создаваемая концентрация достигала  $210 \text{ г}/\text{м}^3$ , 300 мг —  $250 \text{ г}/\text{м}^3$ , 400 мг —  $290 \text{ г}/\text{м}^3$ . По полученным данным строился график зависимости создаваемой концентрации подаваемого порошка от его массы (рис. 2).

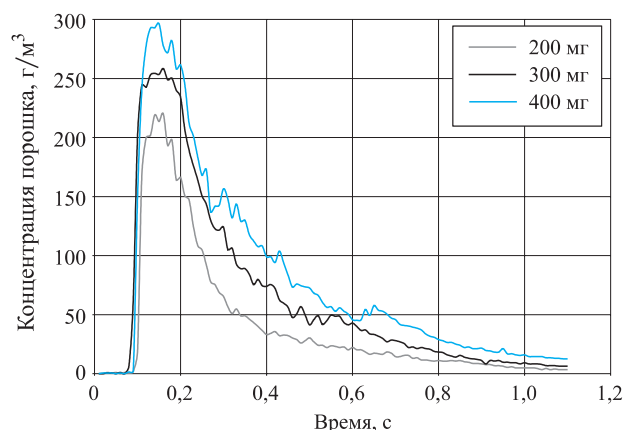


Рис. 1. Показания датчика концентрации огнетушащего порошка, расположенного в предполагаемой зоне горения модельного очага

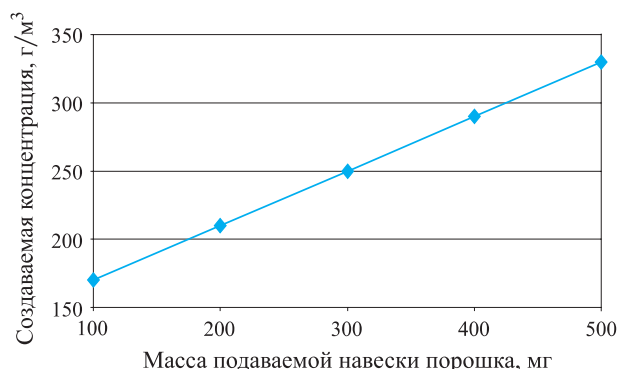


Рис. 2. Зависимость создаваемой концентрации подаваемого порошка от его массы

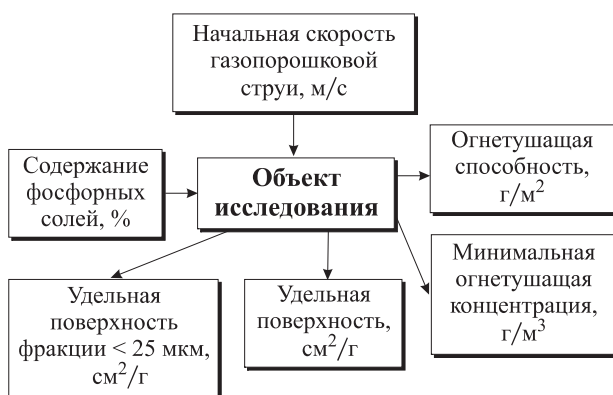


Рис. 3. Схема объекта исследования

Таким образом, определив минимальную массу навески порошка, способную ликвидировать горение очага, по рис. 2 можно найти минимальную огнетушущую концентрацию применительно к конкретной лабораторной установке.

По методике, описанной в монографии [8], строится план полного факторного эксперимента.

Схематичная модель объекта исследования в виде “черного ящика” представлена на рис. 3.

Диапазоны варьирования факторов, приведенные в табл. 1, выбраны исходя из геометрических размеров экспериментальной установки, а также технологических особенностей и возможностей изготовления порошка конкретным производителем.

Середина диапазона варьирования фактора  $X_i$ :

$$X_i^{(0)} = \frac{X_{i \min} + X_{i \max}}{2}. \quad (2)$$

Интервал варьирования фактора  $X_i$ :

$$\Delta_i = X_{i \max} - X_i^{(0)} = X_i^{(0)} - X_{i \min}. \quad (3)$$

Кодированное обозначение фактора  $X_i$ :

$$x_i = \frac{X_i - X_i^{(0)}}{\Delta_i}. \quad (4)$$

Таблица 1. Диапазоны варьирования факторов

Фактор	Кодированное обозначение		
	-1	0	+1
$X_1, \%$	15	35	45
$X_2, \text{см}^2/\text{г}$	4400	5100	5800
$X_3, \text{см}^2/\text{г}$	6800	7800	8800
$X_4, \text{м/с}$	9,4	16,5	23,6

Таблица 2. План факторного эксперимента

№ опыта	№ образца огнетушащего порошка	Варьируемые факторы			
		$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$
1	1	0	-1	-1	-1
2	1	0	-1	-1	0
3	1	0	-1	-1	+1
4	4	0	-1	0	-1
5	4	0	-1	0	0
6	4	0	-1	0	+1
7	2	0	-1	+1	-1
8	2	0	-1	+1	0
9	2	0	-1	+1	+1
10	9	0	0	-1	-1
11	9	0	0	-1	0
12	9	0	0	-1	+1
13	5	0	+1	-1	-1
14	5	0	+1	-1	0
15	5	0	+1	-1	+1
16	3	0	+1	0	-1
17	3	0	+1	0	0
18	3	0	+1	0	+1
19	6	0	+1	+1	-1
20	6	0	+1	+1	0
21	6	0	+1	+1	+1
22	7	-1	0	-1	-1
23	7	-1	0	-1	0
24	7	-1	0	-1	+1
25	8	+1	0	-1	-1
26	8	+1	0	-1	0
27	8	+1	0	-1	+1

В табл. 2 представлен план полного факторного эксперимента в кодированных обозначениях. На основании табл. 2 было разработано техническое задание для завода-изготовителя на выпуск экспериментальных образцов огнетушащих порошков. Их свойства были заданы по определенным соответствующими нормами методикам и представлены в табл. 3.

### Обоснование методики определения огнетушащей способности порошков

При практическом применении средств порошкового пожаротушения их огнетушущая способность будет зависеть как от свойств самого порош-

Таблица 3. Свойства экспериментальных образцов огнетушащих порошков

Свойства	Номер образца								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	34,72	35,18	35,27	34,82	34,73	35,04	14,56	45,03	35,15
Удельная поверхность, см <sup>2</sup> /г	4385	4418	5837	4388	5788	5792	5094	5080	5059
Удельная поверхность фракции < 50 мкм, см <sup>2</sup> /г	6779	8827	7760	7846	6830	8837	6803	6796	6765
Кажущаяся насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup> :									
неуплотненная	847	646	846	792	725	800	735	649	667
уплотненная	1282	892	1231	1163	1282	1187	1020	909	962
Содержание фракции, %:									
> 100 мкм	9,1	7,2	10,9	8,3	0	11,3	0	0	0
100–63 мкм	6,5	4,9	3,8	2,2	6,4	5,2	8,7	5,8	7,6
63–50 мкм	4,6	9,9	2,3	2,3	2,8	2,1	7,7	8,1	6,9
50–25 мкм	24,1	34,5	11,3	39,0	11,2	20,2	13,7	17,4	15,0
< 25 мкм	55,7	43,5	71,7	48,2	79,6	61,2	69,9	68,7	70,5

ка, так и от условий его подачи, а также от газодинамических характеристик очага горения. Исходя из задач настоящего исследования, для проведения экспериментов необходимо использовать лабораторную установку, позволяющую оценивать огнетушащую способность порошковых составов с учетом взаимодействия газопорошковой струи с восходящими над очагом горения конвективными потоками.

При использовании лабораторного метода, описанного в монографии [16], поток частиц порошка подается в зону горения снизу. При этом исключаются потери частиц порошка. Данным методом оценивается ингибирующая способность порошковых составов без учета возможности частиц порошка противодействовать восходящим потокам продуктов сгорания. По методике, регламентируемой действующими нормативными документами [17], огнетушащая способность порошковых составов определяется путем моделирования процесса тушения из ручных огнетушителей. Характеристики газопорошковых струй, истекающих из ручных огнетушителей радикально отличаются от создаваемых импульсными модулями порошкового пожаротушения.

Таким образом, из широкого спектра известных в настоящее время лабораторных установок авторы выбрали установку, внешний вид и схема которой изображены на рис. 4 [8]. Преимущество данной установки состоит в том, что порошок на тушение модельного очага подается сверху, как и в большинстве случаев практического применения автоматических установок порошкового пожаротушения. Следовательно, моделируется процесс взаимодействия двух струй: газопорошковой и восходящих над очагом горения потоков газов. При этом можно в некоторой степени определить, какие образцы ог-

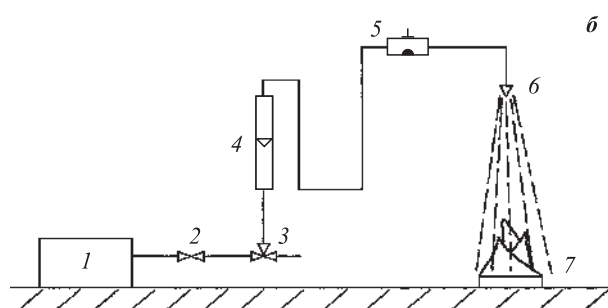


Рис. 4. Общий вид (а) и схема (б) лабораторной установки по определению огнетушащей способности порошков: 1 — воздуходувка; 2 — газовый вентиль; 3 — газовый трехходовой электроклапан; 4 — газовый ротаметр; 5 — металлическая кювета; 6 — распылитель порошка; 7 — металлический противень

нетушащего порошкового состава лучше преодолевают воздействие восходящих над очагом горения потоков. К тому же в данной установке порошок на тушение модельного очага пожара подается квазимгновенно, что наиболее приближенно моделирует работу импульсных порошковых систем.



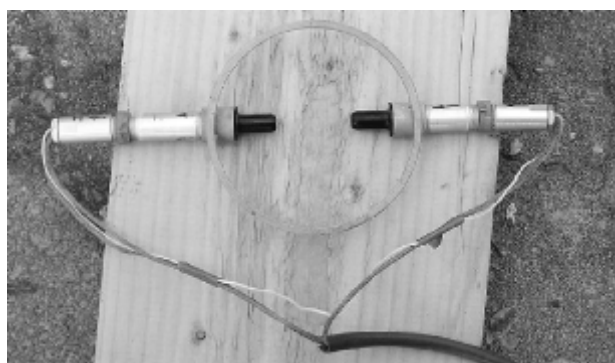


Рис. 5. Датчик концентрации огнетушащего порошка



Рис. 6. Регистрирующий прибор "Микролаб"

### Методика лабораторного эксперимента

Работа на установке осуществлялась в следующей последовательности. Навеска огнетушащего порошка загружалась в металлическую кювету 5 (см. рис. 4, б), представляющую собой трубку с внутренним диаметром 5 мм и отверстием для загрузки порошка. В круглый противень 7 диаметром 70 мм и с высотой борта 10 мм заливало 10 см<sup>3</sup> октана. Далее октан зажигался и свободно горел в течение 60 с. По истечении этого времени от воздуховодки 1 через трехходовой электроклапан 3 воздух подавался в сосуд 5, затем порошково-воздушная смесь через распылитель 6 поступала на очаг горения 7. Расстояние от распылителя до поверхности октана составляло 400 мм.

Эксперименты проводились, согласно плану, при трех значениях расхода воздуха, который регулировался с помощью ротаметра 4 и вентиля 2. Таким образом изменялась начальная скорость газопорошковой струи, значение которой определялось по формуле:

$$W_n = Q_g / S_{нас}, \quad (5)$$

где  $Q_g$  — расход воздуха, определяемый по ротаметру (см. рис. 4), м<sup>3</sup>/с;

$S_{нас}$  — площадь выпускного отверстия насадка, м<sup>2</sup>, составляла  $7,07 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>.

Таблица 4. Результаты лабораторных экспериментов

№ опыта	№ образца огнетушащего порошка	Варьируемые факторы				Огнетушащая способность, г/м <sup>2</sup>
		x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	
1	1	0	-1	-1	-1	123,43
2	1	0	-1	-1	0	97,44
3	1	0	-1	-1	+1	77,95
4	4	0	-1	0	-1	123,43
5	4	0	-1	0	0	97,44
6	4	0	-1	0	+1	58,47
7	2	0	-1	+1	-1	129,92
8	2	0	-1	+1	0	103,94
9	2	0	-1	+1	+1	58,47
10	9	0	0	-1	-1	116,93
11	9	0	0	-1	0	90,95
12	9	0	0	-1	+1	71,46
13	5	0	+1	-1	-1	116,93
14	5	0	+1	-1	0	84,45
15	5	0	+1	-1	+1	58,47
16	3	0	+1	0	-1	123,43
17	3	0	+1	0	0	84,45
18	3	0	+1	0	+1	51,97
19	6	0	+1	+1	-1	136,42
20	6	0	+1	+1	0	84,45
21	6	0	+1	+1	+1	45,47
22	7	-1	0	-1	-1	142,91
23	7	-1	0	-1	0	110,43
24	7	-1	0	-1	+1	90,95
25	8	+1	0	-1	-1	110,43
26	8	+1	0	-1	0	77,95
27	8	+1	0	-1	+1	51,97

Эксперименты осуществляли при расходах воздуха 10, 7 и 4 л/мин, что соответствовало начальной скорости газопорошковой струи 23,6, 16,5 и 9,4 м/с соответственно. В реальных установках порошкового пожаротушения скорость газопорошковой струи может регулироваться изменением давления перед насадком. Соответствующие зависимости экспериментально определены в работе [10].

Для измерения концентрации огнетушащего порошка, а также определения скорости газопорошковой струи использовались датчики концентрации огнетушащего порошка, которые состоят из инфракрасного излучателя и фотодиода, жестко закрепленных на металлическом основании (рис. 5). При изготовлении датчиков за основу взято устройство, описанное в статье [11]. Принцип работы датчиков основан на ослаблении сигнала инфракрасного излучателя, падающего на фотодиод, с учетом затененности, создаваемой проходящим через них потоком дисперсных частиц. Данные датчики работают с вторичным прибором "Микролаб" (рис. 6).

Таблица 5. Показатели огнетушащей способности образцов огнетушащего порошкового состава

Свойства	Номер образца								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Огнетушащая способность, $г/м^2$ , при:									
$W_n = 23,6$ м/с	77,95	58,47	51,97	58,47	58,47	45,47	90,95	51,97	71,46
$W_n = 16,5$ м/с	97,44	103,94	84,45	97,44	84,45	84,45	110,43	77,95	90,95
$W_n = 9,4$ м/с	123,43	129,92	123,43	123,43	116,93	136,42	142,91	110,43	116,93

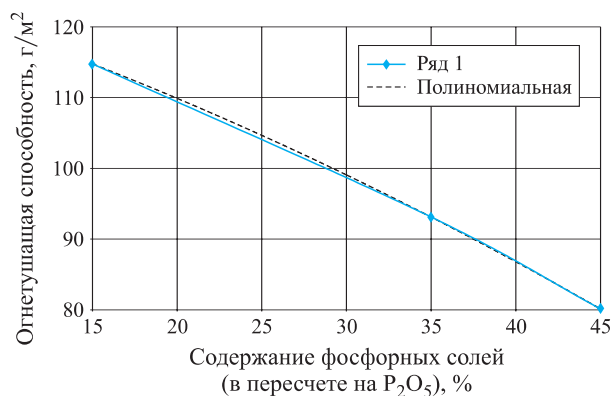


Рис. 7. Обобщенный график зависимости огнетушащей способности порошка от содержания фосфорных солей

Более подробное описание устройства и способа калибровки датчиков концентрации огнетушащего порошкового состава приведено в работе [12].

### Результаты экспериментов и их обработка

Результаты экспериментов сведены в табл. 4 и 5. Их обработка производилась с помощью экспериментальных планов 2-го порядка с использованием компьютерной программы “STATGRAPHICS Plus 5.0” и пакета для анализа Microsoft Excel.

Рассмотрим влияние на огнетушащую способность каждого фактора в отдельности.

1. Содержание фосфорных солей в химическом составе порошка практически не зависит от его гранулометрического состава. Поэтому оценим влияние данного фактора на выходное значение по показателям огнетушащей способности образцов № 7–9 с приблизительно одинаковым гранулометрическим составом, но разным содержанием фосфорных солей. После обработки получены следующие зависимости 2-го порядка для различных значений скоростей:

- для  $W_n = 23,6$  м/с:

$$y = -0,032x^2 + 0,649x + 88,51; \quad (6)$$

- для  $W_n = 16,5$  м/с:

$$y = -0,010x^2 - 0,430x + 119,3; \quad (7)$$

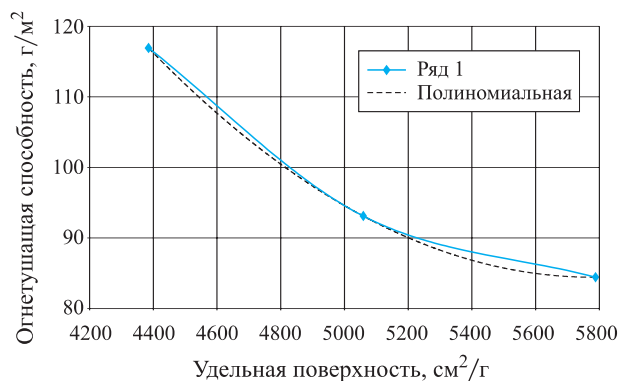


Рис. 8. Обобщенный график зависимости огнетушащей способности порошка от его удельной поверхности

- для  $W_n = 9,4$  м/с:

$$y = 0,021x^2 - 2,380x + 173,7. \quad (8)$$

Из формул (6) – (8) видно, что при повышении в химическом составе содержания фосфорных солей огнетушащая способность порошков увеличивается во всем диапазоне скоростей газопорошковой струи. Следовательно, данные зависимости можно обобщить и, таким образом, получить зависимость огнетушащей способности порошка от содержания в его составе фосфорных солей (рис. 7):

$$y = -0,007x^2 - 0,720x + 127,2. \quad (9)$$

2. Зависимость огнетушащей способности порошка от удельной поверхности оцениваем по образцам № 1, 5 и 9, имеющим одинаковый химический состав и удельную поверхность фракции < 25 мкм. Получены следующие зависимости 2-го порядка:

- для  $W_n = 23,6$  м/с:

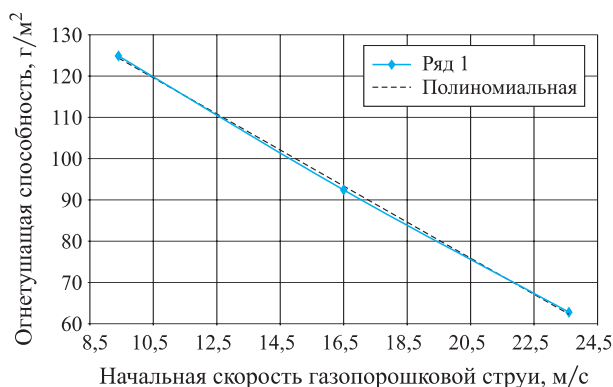
$$y = 1,55 \cdot 10^{-6}x^2 - 0,043x + 252,2; \quad (10)$$

- для  $W_n = 16,5$  м/с:

$$y = 2,75 \cdot 10^{-5}x^2 - 0,298x + 895,4; \quad (11)$$

- для  $W_n = 9,4$  м/с:

$$y = 2,11 \cdot 10^{-5}x^2 - 0,238x + 780,4. \quad (12)$$



**Рис. 9.** Обобщенный график зависимости огнетушащей способности порошка от начальной скорости газопорошковой струи

Из уравнений (10) – (12) видно, что для образцов огнетушащих порошков, имеющих одинаковый химический состав и долю частиц диаметром ниже критического, возрастание их огнетушащей способности при повышении удельной поверхности для различных скоростей имеет одинаковый характер. Обобщая уравнения (10) – (12), получаем усредненную зависимость огнетушащей способности порошков от их удельной поверхности (рис. 8):

$$y = 1,67 \cdot 10^{-5} x^2 - 0,193x + 642,7. \quad (13)$$

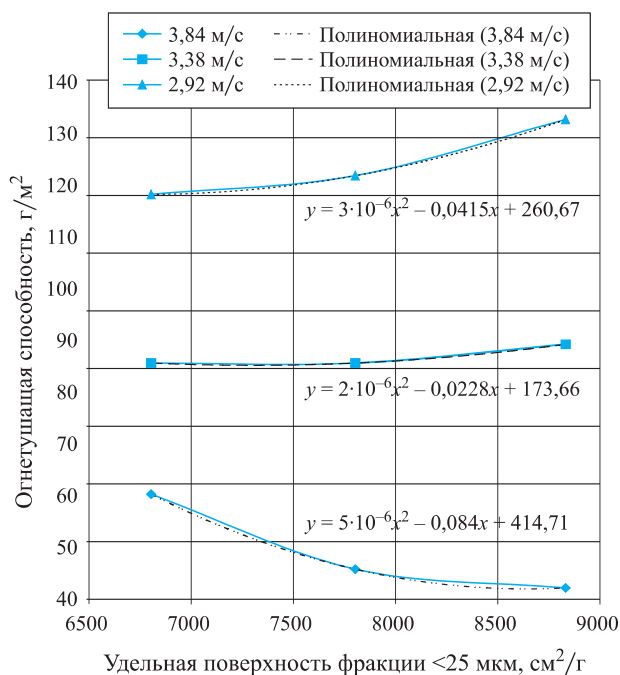
3. При изучении зависимости огнетушащей способности от начальной скорости газопорошковой струи для всех образцов огнетушащих порошков видно, что при увеличении скорости струи огнетушащая способность возрастает для всех образцов. Обобщая, получаем зависимость, графически представленную на рис. 9:

$$y = 0,02866x^2 - 5,317x + 172,3. \quad (14)$$

Влияние удельной поверхности фракции < 25 мкм, т.е. доли частиц порошка, имеющих диаметр ниже критического, на огнетушащую способность оцениваем по усредненным показаниям групп образцов порошков: №№ 1, 2, 4 и 3, 5, 6, которые имеют приблизительно одинаковые показания удельной поверхности и содержания в химическом составе фосфорных солей. Данные зависимости представлены на рис. 10.

На рис. 10 видно, что при различных скоростях газопорошковой струи вид зависимости огнетушащей способности образцов порошка от удельной поверхности фракции < 25 мкм будет различаться. Так, при высоких скоростях увеличение удельной поверхности фракции < 25 мкм ведет к возрастанию огнетушащей способности порошка, при низких скоростях — к ее снижению.

Для более полного представления процесса взаимодействия газопорошковой струи с конвек-



**Рис. 10.** Зависимость огнетушащей способности порошка от удельной поверхности фракции < 25 мкм при различных скоростях подачи

тивными потоками, определим максимальную скорость восходящих потоков над модельным очагом пожара по методике, приведенной в статье [13], и сравним ее со скоростью подаваемой газопорошковой струи.

Согласно [13, 14] максимальная скорость восходящих потоков определяется по формуле:

$$W = 1,85Q^{1/5}, \quad (15)$$

где  $Q$  — тепловая мощность пожара.

Высота, на которой скорость восходящих потоков достигает максимального значения, вычисляется следующим образом:

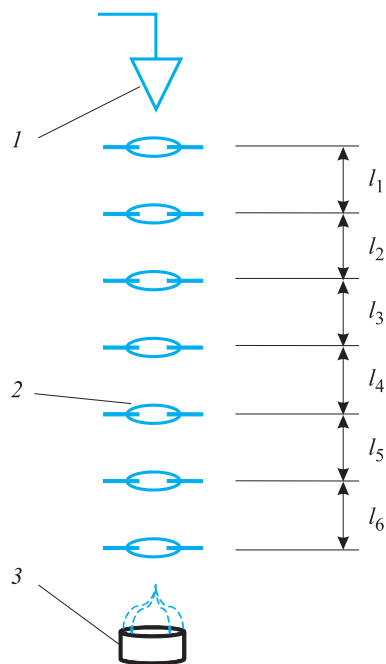
$$z = 0,08Q^{2/5}. \quad (16)$$

Тепловая мощность пожара может быть определена по массовой скорости выгорания горючего  $m$ , нижней теплоте сгорания  $Q_n$  и площади пожара  $S$ :

$$Q = mQ_n S. \quad (17)$$

Подставляя в формулы (15) – (17) справочные данные [15] по октану и характеристики лабораторной установки, вычисляем: на высоте  $z = 0,22$  м скорость восходящих потоков над модельным очагом пожара достигает значения  $W = 3,12$  м/с.

Для нахождения скорости газопорошковой струи на высоте 0,22 м от модельного очага пожара (0,18 м от распылителя) необходимо провести эксперименты по определению скорости струи на различных расстояниях от распылителя. Для этого на определенных расстояниях от распылителя  $l$ , как



**Рис. 11.** Схема лабораторной установки по определению огнетушащей способности порошков: 1 — распылитель порошка; 2 — датчик концентрации; 3 — металлический противень

показано на рис. 11, размещаем датчики концентрации огнетушащего порошка.

При прохождении газопорошковой струей датчиков №№ 1 и 2 фиксируется соответственно время  $\tau_1$  и  $\tau_2$ . Период опроса датчиков составляет  $10^{-3}$  с, что значительно меньше времени прохождения дисперсными частицами расстояния между двумя датчиками. Таким образом, обеспечивается высокая точность полученных результатов. Скорость газопорошковой струи определяется по отношению расстояния между датчиками  $l$  к интервалу времени  $\Delta\tau = \tau_2 - \tau_1$ :

$$W_{cmp} = l/\Delta\tau. \quad (18)$$

Результаты экспериментов приведены на рис. 12 и в табл. 6.

Из рис. 12 получаем зависимости мгновенной скорости газопорошковой струи от расстояния до распылителя:

- для подачи 4 л/мин:

$$y = -9,75x^2 + 2,44x + 3,399; \quad (19)$$

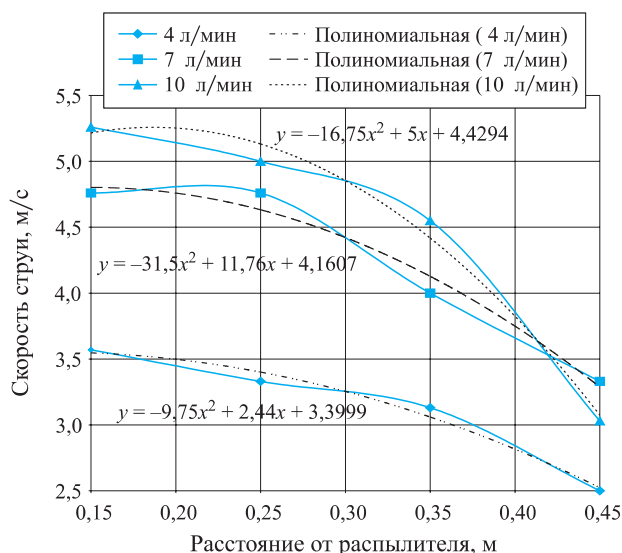
- для подачи 7 л/мин:

$$y = -16,75x^2 + 5x + 4,429; \quad (20)$$

- для подачи 10 л/мин:

$$y = -31,5x^2 + 11,76x + 4,160. \quad (21)$$

По формулам (19) – (21) и графикам рис. 13 определяем скорость газопорошковой струи на рас-



**Рис. 12.** Скорость газопорошковой струи

**Таблица 6.** Скорость газопорошковой струи на различных расстояниях от распылителя

Подача, л/мин	Расстояние от распылителя, м	Скорость газопорошковой струи, м/с
4	0,15	3,57
	0,25	3,33
	0,35	3,13
	0,45	2,50
7	0,15	4,76
	0,25	4,76
	0,35	4,00
	0,45	3,33
10	0,15	5,26
	0,25	5,00
	0,35	4,55
	0,45	3,03

стоянии 0,18 м от распылителя  $W_{cmp}^{0,18}$  и отношение этой скорости к скорости восходящих потоков  $W$ :

- для подачи 4 л/мин:

$$W_{cmp}^{0,18} = 3,53 \text{ м/с}; \quad W_{cmp}^{0,18}/W = 1,131;$$

- для подачи 7 л/мин:

$$W_{cmp}^{0,18} = 4,79 \text{ м/с}; \quad W_{cmp}^{0,18}/W = 1,535;$$

- для подачи 10 л/мин:

$$W_{cmp}^{0,18} = 5,25 \text{ м/с}; \quad W_{cmp}^{0,18}/W = 1,683.$$

Таким образом, после обработки экспериментальных данных получаем следующие зависимости огнетушащей способности от удельной поверхности фракции < 25 мкм:



- для диапазона  $W_{cmp}^{0,18}/W = 1,131-1,333$ :

$$y = 0,00000306319x^2 - 0,041x + 260,6; \quad (22)$$

- для диапазона  $W_{cmp}^{0,18}/W = 1,333-1,609$ :

$$y = 0,00000155778x^2 - 0,022x + 173,6; \quad (23)$$

- для диапазона  $W_{cmp}^{0,18}/W = 1,609-1,683$ :

$$y = 0,00000485875x^2 - 0,084x + 414,7. \quad (24)$$

Обобщая зависимости (9), (13), (14) и (22)–(24), получаем математическую модель объекта исследования:

- для диапазона  $W_{cmp}^{0,18}/W = 1,131-1,333$ :

$$Y = -0,007239X_1^2 - 0,7206X_1 + 1,672 \cdot 10^{-5}X_2^2 - 0,1932X_2 + 3,063 \cdot 10^{-6}X_3^2 - 0,04149X_3 + 0,02866X_4^2 - 5,317X_4 + 887,497; \quad (25)$$

- для диапазона  $W_{cmp}^{0,18}/W = 1,333-1,609$ :

$$Y = -0,007239X_1^2 - 0,7206X_1 + 1,672 \cdot 10^{-5}X_2^2 - 0,1932X_2 + 1,558 \cdot 10^{-6}X_3^2 - 0,02276X_3 + 0,02866X_4^2 - 5,317X_4 + 832,578; \quad (26)$$

- для диапазона  $W_{cmp}^{0,18}/W = 1,609-1,683$ :

$$Y = -0,007239X_1^2 - 0,7206X_1 + 1,672 \cdot 10^{-5}X_2^2 - 0,1932X_2 + 4,859 \cdot 10^{-6}X_3^2 - 0,08398X_3 + 0,02866X_4^2 - 5,317X_4 + 1103,45. \quad (27)$$

### Выводы и предложения

Отметим основные результаты работы:

1. При повышении в химическом составе порошка содержания фосфорных солей возрастает его огнетушащая способность, причем при приближении содержания  $P_2O_5$  к 45% влияние данного фактора на огнетушащую способность становится еще более значимым (см. рис. 7). Поэтому, по мнению авторов, в импульсных модулях целесообразно использовать огнетушащий порошок с содержанием в своем составе 43–48% фосфорных солей (в пересчете на  $P_2O_5$ ).

2. При повышении удельной поверхности порошка возрастает его огнетушащая способность. Однако повышать удельную поверхность порошка целесообразно за счет уменьшения доли крупных фракций ( $> 25$  мкм).

3. Введено понятие “критический диаметр частиц порошка”, ниже которого такие частицы будут отбрасываться конвективными потоками, не принося в зону горения. Поэтому увеличение удельной поверхности, т.е. уменьшение размера частиц, целесообразно до определенного для данной скорости газопорошковой струи значения. Дальнейшее уменьшение размера частиц порошка приведет к снижению огнетушащей способности.

Анализируя зависимости (25)–(27), можно сформулировать следующие оптимальные требования к порошку для импульсных установок:

1) максимально возможное содержание в химическом составе фосфорных солей;

2) наибольшая удельная поверхность за счет снижения в его составе доли фракции  $> 25$  мкм;

3) удельная поверхность фракции  $< 25$  мкм должна составлять:

- для диапазона  $W_{cmp}^{0,18}/W = 1,131-1,333$  — 6000–6500 см<sup>2</sup>/г;
- для диапазона  $W_{cmp}^{0,18}/W = 1,333-1,609$  — 7000–8000 см<sup>2</sup>/г;
- для диапазона  $W_{cmp}^{0,18}/W = 1,609-1,683$  — 8500–9000 см<sup>2</sup>/г.

Это соответствует, согласно выражению (1), следующим значениям среднего диаметра частиц фракции  $< 25$  мкм: 5,7; 4,57 и 3,81 мкм.

Следует обратить внимание, что данные требования получены исходя из наиболее высокой огнетушащей способности порошка. Авторами не проводилась проверка таких эксплуатационных параметров образцов порошков, как слеживаемость, текучесть, гидрофобные свойства, что может послужить целью дальнейших научных исследований.

Результаты данной работы основаны на лабораторных опытах и требуют подтверждения в полигонных условиях.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Сабинин, О. Ю.** Огнетушащие порошки. Проблемы. Состояние вопроса / О. Ю. Сабинин, С. М. Агаларова // Пожаровзрывобезопасность. — 2007. — Т. 16, № 6. — С. 63–68.
2. **Долговидов, А. В.** Автоматические средства подачи огнетушащих порошков / А. В. Долговидов, О. Ю. Сабинин // Пожаровзрывобезопасность. — 2008. — Т. 17, № 1. — С. 62–67.
3. **Краснянский, М. Е.** Порошковая пожаровзрывозащита / М. Е. Краснянский. — Донецк: [б. и.], 1994. — 152 с.

4. **Баратов, А. Н.** Огнетушащие порошковые составы / А. Н. Баратов, Л. П. Вогман. — М. : Стройиздат, 1982. — 72 с.
5. **Ксандопуло, Г. И.** Химия газофазного горения / Г. И. Ксандопуло, В. В. Дубинин. — М. : Химия, 1987. — 240 с.
6. **Симбирцев, Н. А.** Основы технологии подготовки дисперсных материалов при переработке энергетических конденсированных систем. Часть 1. Изучение свойств и подготовка дисперсных материалов / Н. А. Симбирцев, Ю. М. Милехин, В. М. Меркулов [и др.]. — М. : [б. и.], 2006. — 192 с.
7. **Подгайный, В. П.** Экспериментальное исследование закономерностей тушения горючих веществ и материалов огнетушащими порошками / В. П. Подгайный, И. И. Зозуля, Н. И. Копыльный [и др.] // Пожаротушение. — М. : ВНИИПО, 1986. — С. 170–180.
8. **Адлер, Ю. И.** Введение в планирование эксперимента / Ю. И. Адлер. — М. : Metallургия, 1968. — 155 с.
9. **Волкова, В. К.** Лабораторная установка для исследования огнетушащей эффективности порошковых составов / В. К. Волкова, Л. П. Вогман, В. Г. Михайлов [и др.] // Пожарная техника и тушение пожаров. — М. : ВНИИПО, 1974. — Вып. 12. — С. 74–77.
10. **Прохоров, В. П.** Исследование подачи огнетушащих порошков в автоматических установках пожаротушения : дис. ... канд. техн. наук. — М. : ВИПТШ МВД СССР. 1980. — 210 с.
11. **Масенников, В. В.** Установка для определения концентрации огнетушащего аэрозоля / В. В. Масенников, Л. Г. Неводниченко, Б. П. Друженец [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. — 1995. — Т. 4, № 2. — С. 42–45.
12. **Грачев, В. А.** К вопросу измерения концентрации дисперсных частиц в нестационарном двухфазном потоке огнетушащего вещества / В. А. Грачев, О. Ю. Сабинин, М. В. Гуреев // Вестник Академии Государственной противопожарной службы. — 2007. — № 7. — С. 91–95.
13. **Вайсман, М. Н.** Порошковое пожаротушение / М. Н. Вайсман, В. А. Кушук // Юбилейный сборник трудов Всероссийского научно-исследовательского института противопожарной обороны. — М. : ВНИИПО, 1997. — С. 414–426.
14. **Сох, G.** / G. Cox and R. Chitty // Combustion and Flame. — 1980. — Vol. 39. — P. 191–209.
15. **Баратов, А. Н.** Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения : справочное изд. — В 2-х кн. / А. Н. Баратов, А. Я. Корольченко, Г. Н. Кравчук [и др.]. — М. : Химия, 1990. — Кн. 2. — 384 с.
16. **Горшков, В. И.** Тушение пламени горючих жидкостей / В. И. Горшков. — М. : Пожнаука, 2007. — 268 с.
17. **ГОСТ 26952–86.** Порошки огнетушащие. Общие технические требования и методы испытаний. — Утв. Госстандарт СССР 30 июня 1986 г. ; введ. в действие с 1 июля 1988 г. — М. : Изд-во стандартов, 1986.

*Материал поступил в редакцию 12.08.08.*

*© Сабинин О. Ю., 2008 г. (тел. +7 (499) 271-15-92).*



Издательство ООО “Издательство “Пожнаука”  
 107023, Москва, пл. Журавлева, д. 2, стр. 2  
 тел./факс: (495) 228-09-03  
 e-mail: firepress@gmail.com, info@firepress.ru  
 http://www.firepress.ru

## УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ!

ООО “Издательство “Пожнаука” более 10 лет успешно работает в области информационного обеспечения. На страницах выпускаемой нами учебной, справочной, нормативной и научно-практической литературы публикуется информация для высококвалифицированных специалистов и руководителей. В наших изданиях Вы можете разместить сведения о продукции и услугах, предоставляемых Вашим предприятием.

Научно-техническая литература и периодика, выпускаемые ООО “Издательство “Пожнаука”, распространяются по всей территории Российской Федерации, в странах СНГ, Балтии и в ряде зарубежных стран.

### Специализированный журнал “Пожаровзрывобезопасность”

Издается с 1992 года. Периодичность — 6 номеров в год. С октября 2001 года журнал включен в Перечень периодических научных и научно-технических изданий РФ, рекомендуемых для публикации основных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора наук. В статьях журнала рассматриваются теоретические вопросы и способы практического обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений, технологических процессов и оборудования.

### Журнал “Пожарная безопасность в строительстве”

Издается с декабря 2004 года. Полноцветное рекламное научно-практическое издание. Публикует статьи рекламного и аналитического характера, модельный ряд, справочник по фирмам-производителям и услугам. Тематика Приложения посвящена проблемам комплексной безопасности строительных объектов, включая огнестойкость материалов и конструкций, пожаро- и взрывоустойчивость зданий и сооружений, новым технологическим решениям в области пожарной автоматики и сигнализации, а также проблемам сертификации и стандартизации.

### Виды рекламы в журнале “Пожаровзрывобезопасность” и расценки на ее размещение

1. Реклама на обложке (полноцветная):
  - 2-я полоса — 28000 руб. + 1 двухцветная полоса бесплатно
  - 3-я полоса — 25000 руб. + 1 двухцветная полоса бесплатно
  - 4-я полоса — 35000 руб. + 2 двухцветные полосы бесплатно
2. Рекламная статья: 1/1 двухцветной полосы — 12000 руб.
3. Статья обзорно-аналитического, проблемного, научно-технического характера — бесплатно.
4. Рекламные наклейки:

Размер модуля	Стоимость полноцветного модуля, руб.
1/1 полосы (215 × 300 мм)	17000
1/2 полосы (190 × 137 мм)	11000

5. Реклама справочного характера (название компании, контактные данные, перечень предлагаемых услуг и продукции — 500 печатных знаков) — 2300 руб.

*Тираж: 10000 экз.*

### Спецпредложение!

Для наших рекламодателей мы предоставляем возможность бесплатного распространения буклетов и листовок (200 экз.) на выставках в г. Москве, в которых данный номер журнала будет принимать участие.

## ПРЕДЛАГАЕМ ВАМ СЛЕДУЮЩИЕ ИЗДАНИЯ В СФЕРЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Наименование	Кол-во экз. в уп. (шт.)	руб./ экз.	от 1 уп.	от 3 уп.	от 5 уп.
<b>УЧЕБНЫЕ И СПРАВОЧНЫЕ ИЗДАНИЯ</b>					
<i>А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко</i> <b>Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения:</b> Справочник в 2-х т. — М.: Пожнаука, 2004. — 1-й том — 713 с.; 2-й том — 774 с.	4	2200	2090	1870	<b>1760</b>
<i>Н. Н. Брушлинский, А. Я. Корольченко</i> <b>Моделирование пожаров и взрывов.</b> — М.: Пожнаука, 2000. — 492 с.	6	360	342	306	<b>288</b>
<i>А. Я. Корольченко</i> <span style="float: right; border: 1px solid blue; padding: 2px;">НОВИНКА</span> <b>Процессы горения и взрыва:</b> Учебник. — М.: Пожнаука, 2007. — 266 с.	10	390	370	331	<b>312</b>
<i>Л. П. Пилюгин</i> <b>Обеспечение взрывоустойчивости зданий с помощью предохранительных конструкций.</b> — М.: Пожнаука, 2000. — 224 с.	10	240	228	204	<b>192</b>
<i>В. М. Ройтман</i> <b>Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий.</b> — М.: Пожнаука, 2001. — 382 с.	10	300	285	255	<b>240</b>
<i>А. Я. Корольченко, Д. В. Трушкин</i> <b>Пожарная опасность строительных материалов:</b> Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2006. — 232 с.	10	200	190	170	<b>160</b>
<i>В. И. Горшков</i> <span style="float: right; border: 1px solid blue; padding: 2px;">НОВИНКА</span> <b>Тушение пламени горючих жидкостей.</b> — М.: Пожнаука, 2007. — 320 с.	10	250	238	213	<b>200</b>
<i>В. Н. Баранин</i> <b>Экономика чрезвычайных ситуаций и управление рисками.</b> — М.: Пожнаука, 2004. — 332 с.	20	70	67	60	<b>56</b>
<i>А. Ф. Шароварников, В. Л. Молчанов, С. С. Воевода, С. А. Шароварников</i> <b>Тушение пожаров нефти и нефтепродуктов:</b> Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2007. — 294 с. <span style="float: right; border: 1px solid blue; padding: 2px;">НОВИНКА</span>	10	380	361	323	<b>304</b>
<i>В. П. Бабуров, В. В. Бабурин, В. И. Фомин</i> <span style="float: right; border: 1px solid blue; padding: 2px;">НОВИНКА</span> <b>Автоматические установки пожаротушения.</b> Учебно-справочное пособие. — М.: Пожнаука, 2007. — 294 с.	20	350	333	298	<b>280</b>
<i>А. Ф. Шароварников, С. А. Шароварников</i> <b>Пенообразователи и пены для тушения пожаров. Состав. Свойства. Применение:</b> Справочник. — М.: Пожнаука, 2005. — 336 с.	10	150	143	128	<b>120</b>
<i>М. М. Любимов, С. В. Собурь</i> <b>Пожарная и охранно-пожарная сигнализация:</b> Справочник в 2-х т. — М.: ПожКнига, 2005. — 1-й т. — 292 с.; 2-й т. — 308 с.	10	290	275	247	<b>232</b>
<i>В. В. Теремин</i> <b>Справочник руководителя тушения пожара. Тактические возможности пожарных подразделений:</b> Справочник. — М.: Пожнаука, 2004.	10	90	86	77	<b>72</b>
<i>В. С. Родин, О. Н. Найденов, С. В. Собурь</i> <b>Справочник инспектора пожарного надзора:</b> Справочник в 2-х т. — М.: ПожКнига, 2005. — 1-й т. — 400 с.; 2-й т. — 368 с.	10	350	333	298	<b>280</b>
<b>СЕРИЯ “СОВРЕМЕННАЯ ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ”</b>					
<i>А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко</i> <b>Основы пожарной безопасности предприятия. Полный курс пожарно-технического минимума:</b> Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2006. — 320 с.	10	300	285	255	<b>240</b>
<i>А. Я. Корольченко, О. Н. Корольченко</i> <b>Средства огнезащиты:</b> Справочник. — М.: Пожнаука, 2006. — 258 с.	10	200	190	170	<b>160</b>



Наименование	Кол-во экз. в уп. (шт.)	руб./ экз.	от 1 уп.	от 3 уп.	от 5 уп.
<b>СЕРИЯ “ПРОТИВОПОЖАРНАЯ ЗАЩИТА И ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ”</b>					
<i>В. В. Терехин, Н. С. Артемьев, А. И. Думилин</i> <b>Жилые и общественные здания и сооружения:</b> Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2006. — 352 с.	20	320	304	272	<b>256</b>
<i>В. В. Терехин, Н. С. Артемьев, В. А. Грачёв, А. В. Подгрушный</i> <b>Промышленные здания и сооружения:</b> Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2006. — 370 с.	20	320	304	272	<b>256</b>
<i>В. В. Терехин, Н. С. Артемьев, А. В. Подгрушный</i> <b>Здания повышенной этажности:</b> Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2006. — 240 с.	20	300	285	255	<b>240</b>
<i>В. В. Терехин, Н. С. Артемьев, А. В. Подгрушный</i> <b>Объекты добычи, переработки и хранения горючих жидкостей и газов:</b> Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2007. — 350 с.	10	350	333	298	<b>280</b>
<i>В. В. Терехин, Н. С. Артемьев, В. А. Грачёв, О. Ю. Сабинин</i> <b>Леса, торфяники, лесосклады:</b> Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2007. — 300 с.	10	400	380	340	<b>320</b>
<i>В. В. Терехин, Н. С. Артемьев, В. А. Грачёв, А. И. Думилин</i> <b>Транспорт: наземный, морской, речной, воздушный, метро:</b> Учебное пособие. — М.: Пожнаука, 2007. — 382 с.	10	320	304	272	<b>256</b>
<i>А. В. Долговидов, В. В. Терехин</i> <b>Автоматические установки порошкового пожаротушения:</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">НОВИНКА</span> Справочник. — М.: Пожнаука, 2008. — 324 с.	10	220	209	187	<b>176</b>
<b>СЕРИЯ “БИБЛИОТЕКА НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОГО РАБОТНИКА”</b>					
<i>С. В. Собурь</i> <b>Пожарная безопасность:</b> Справочник. — 2-е изд. (с изм.). — М.: ПожКнига, 2005. — 292 с.	10	100	95	85	<b>80</b>
<i>С. В. Собурь</i> <b>Пожарная безопасность промпредприятий:</b> Справочник. — 2-е изд. (с изм.). — М.: ПожКнига, 2007. — 172 с.	10	110	105	93	<b>88</b>
<i>С. В. Собурь</i> <b>Пожарная безопасность складов:</b> Справочник. — 2-е изд. (с изм.). — М.: ПожКнига, 2004. — 240 с.	10	120	114	102	<b>96</b>
<i>С. В. Собурь</i> <b>Пожарная безопасность общественных и жилых зданий:</b> Справочник. — 2-е изд. с доп. и изм. — М.: ПожКнига, 2004. — 224 с.	10	100	95	85	<b>80</b>
<i>С. В. Собурь</i> <b>Пожарная безопасность нефтегазохимических предприятий:</b> Справочник. — М.: ПожКнига, 2004. — 432 с.	10	99	94	84	<b>80</b>
<i>С. В. Собурь</i> <b>Пожарная безопасность сельскохозяйственных предприятий:</b> Справочник. — М.: ПожКнига, 2005. — 74 с.	50	45	43	38	<b>36</b>
<b>СЕРИЯ “ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ”</b>					
<i>С. В. Собурь</i> <b>Пожарная безопасность предприятия. Курс пожарно-технического минимума:</b> Пособие. — 11-е изд. (с изм.). — М.: ПожКнига, 2007. — 496 с.	10	210	200	179	<b>168</b>
<i>С. В. Собурь</i> <b>Краткий курс пожарно-технического минимума:</b> Пособие. — 2-е изд. с доп. и изм. — М.: ПожКнига, 2004. — 304 с.	10	90	85	77	<b>72</b>
<i>С. В. Собурь</i> <b>Огнетушители:</b> Пособие. — 5-е изд. (с изм.). — М.: ПожКнига, 2008. — 96 с.	20	50	48	42	<b>40</b>

Наименование	Кол-во экз. в уп. (шт.)	руб./ экз.	от 1 уп.	от 3 уп.	от 5 уп.
<i>С. В. Собурь</i> <b>Установки пожаротушения автоматические:</b> Пособие. — М.: ПожКнига, 2004. — 408 с.	10	120	114	102	<b>96</b>
<i>С. В. Собурь</i> <b>Установки пожарной сигнализации:</b> Пособие. — 5-е изд. с доп. и изм. — М.: ПожКнига, 2006. — 280 с.	10	150	143	128	<b>120</b>
<i>С. В. Собурь</i> <b>Пожарная безопасность электроустановок:</b> Пособие. — 6-е изд. с доп. и изм. — М.: ПожКнига, 2006. — 280 с.	10	150	143	128	<b>120</b>
<i>С. В. Собурь</i> <b>Огнезащита материалов и конструкций:</b> Пособие. — 3-е изд. с доп. и изм. — М.: ПожКнига, 2004. — 256 с.	10	120	114	102	<b>96</b>
<i>С. В. Собурь</i> <b>Предпринимателю о пожарной безопасности предприятия:</b> Пособие. — 2-е изд. с доп. и изм. — М.: ПожКнига, 2004. — 354 с.	10	150	143	128	<b>120</b>
<i>С. В. Собурь</i> <b>Заполнение проемов в противопожарных преградах:</b> Пособие. — 2-е изд. с доп. и изм. — М.: ПожКнига, 2006 — 168 с.	10	90	85	77	<b>72</b>
<i>С. В. Собурь</i> <b>Доступно о пожарной безопасности:</b> Брошюра. — 3-е изд. (с изм.). — М.: ПожКнига, 2006. — 32 с.	20	29	28	25	<b>23</b>
<b>СЕРИЯ “ПОЖАРНАЯ ТЕХНИКА”</b>					
<i>В. В. Теребнёв, Н. И. Ульянов, В. А. Грачёв</i> <b>Пожарная техника:</b> Учебное пособие в 2-х т. — М.: Центр Пропаганды, 2007. — Т. 1: <b>Пожарно-техническое вооружение. Устройство и применение.</b> — 328 с.; Т. 2: <b>Пожарные машины. Устройство и применение.</b> — 328 с.	10	460	437	391	<b>368</b>
<b>СЕРИЯ “ПОЖАРНО-СТРОЕВАЯ ПОДГОТОВКА И ГАЗОДЫМОЗАЩИТА”</b>					
<i>В. В. Теребнёв, А. В. Теребнёв, В. А. Грачёв, А. В. Подгрушный</i> <b>Пожарно-строевая подготовка:</b> Учебное пособие. — М.: Центр Пропаганды, 2004. — 344 с.	10	300	285	255	<b>240</b>
<b>Методические рекомендации по пожарно-строевой подготовке.</b> — М.: ГРИФ МЧС, 2007. — 200 с.	10	180	171	153	144
<i>В. А. Грачёв, В. В. Теребнёв, Д. В. Поповский</i> <b>Газодымозащитная служба:</b> Учебно-методическое пособие. <span style="float: right;">НОВИНКА</span> — М.: Пожнаука, 2009. — 328 с.	10	350	333	298	<b>280</b>
<i>В. А. Грачёв, С. В. Собурь</i> <b>Средства индивидуальной защиты органов дыхания:</b> Справочник. — М.: Центр Пропаганды, 2007. — 224 с.	10	300	285	255	<b>240</b>
<b>СЕРИЯ “ТАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СЛУЖБЫ”</b>					
<i>В. В. Теребнёв, А. В. Подгрушный</i> <b>Пожарная тактика:</b> Учебное пособие. — М.: ООО “Калан”, 2007. — 538 с. <span style="float: right;">НОВИНКА</span>	10	480	456	408	<b>384</b>
<i>В. В. Теребнёв, А. В. Подгрушный, М. В. Бондаренко, В. А. Грачёв</i> <b>Пожарная тактика в примерах:</b> Учебное пособие. — <span style="float: right;">НОВИНКА</span> М.: ООО “Калан”, 2007. — 635 с.	10	450	428	382	<b>360</b>
<i>В. В. Теребнёв, А. В. Теребнёв</i> <b>Управление силами и средствами на пожаре:</b> Учебное пособие. — М.: Центр Пропаганды, 2006. — 264 с.	10	300	285	255	<b>240</b>
<i>В. В. Теребнёв, А. В. Теребнёв, В. А. Грачёв</i> <b>Организация службы начальника караула пожарной части:</b> Учебное пособие. — М.: Центр Пропаганды, 2007. — 216 с.	10	300	285	255	<b>240</b>

Наименование	Кол-во экз. в уп. (шт.)	руб./ экз.	от 1 уп.	от 3 уп.	от 5 уп.
<i>В. В. Терebinёв, А. В. Терebinёв, В. А. Грачёв, А. В. Подрушный</i> <b>Тактическая подготовка должностных лиц органов управления силами и средствами на пожаре:</b> Учебное пособие. — М.: Центр Пропаганды, 2006. — 304 с.	10	300	285	255	<b>240</b>
<i>В. В. Терebinёв, А. В. Терebinёв, В. А. Грачёв, А. А. Шехов</i> <b>Организация службы пожарной части:</b> Учебное пособие. — М.: Центр Пропаганды, 2007. — 360 с.	10	350	333	298	<b>280</b>
<b>СЕРИЯ “ПОДГОТОВКА СПАСАТЕЛЕЙ-ПОЖАРНЫХ”</b>					
<i>В. В. Терebinёв, В. В. Подставков</i> <b>Противопожарная служба гражданской обороны:</b> Учебное пособие. — М.: Центр Пропаганды, 2007. — 288 с.	10	300	285	255	<b>240</b>
<i>В. В. Терebinёв, К. В. Шадрин</i> <b>Пожарно-профилактическая подготовка:</b> <span style="border: 1px solid blue; padding: 2px;">НОВИНКА</span> Учебное пособие. — М.: Центр Пропаганды, 2008. — 240 с.	10	340	323	289	<b>272</b>
<b>СЕРИЯ “ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ”</b>					
<i>В. В. Терebinёв, Н. С. Артемьев, В. А. Грачёв</i> <b>Справочник спасателя-пожарного:</b> Справочник. — М.: Центр Пропаганды, 2006. — 528 с.	10	350	333	298	<b>280</b>
<i>В. В. Терebinёв, Н. С. Артемьев, К. В. Шадрин</i> <b>Основы пожарного дела:</b> Учебное пособие. — М.: Центр Пропаганды, 2006. — 328 с.	10	350	333	298	<b>280</b>
<b>Электронная версия учебного пособия по курсу “Пожарная безопасность объектов”, автор — А. Я. Корольченко.</b> Пособие включает в себя сборник нормативных актов по организации и обеспечению пожарной безопасности объектов.	<b>450</b>				
<b>Электронная версия комплекта типовых инструкций по пожарной безопасности для руководителя предприятия</b>	<b>980</b>				
<b>ГОТОВИТСЯ К ИЗДАНИЮ</b>					
<p>В 2008 г. издательство “Пожнаука” выпустит второе издание книги <i>А. Я. Корольченко и О. Н. Корольченко</i> <b>“СРЕДСТВА ОГНЕЗАЩИТЫ”</b>.</p> <p>По сравнению с первым изданием в книгу внесены существенные изменения: включена глава, посвященная механизму огнезащиты древесины, металлических и железобетонных конструкций, воздуховодов, электрических кабелей и тканей.</p> <p>Значительно расширена глава по анализу требований, содержащихся в нормативных документах по средствам огнезащиты, и их применению в практике строительства.</p> <p>В новое издание книги включена глава по оптимизации выбора средств огнезащиты с учетом области их применения, технологии огнезащитной обработки и стоимостных показателей.</p> <p>Значительно расширена номенклатура средств огнезащиты, предлагаемых на отечественном рынке для огнезащиты: древесины (пропитки, лаки, краски и обмазки), несущих металлических конструкций (средства для конструктивной огнезащиты, огнезащитные штукатурки, покрытия на основе вермикулита, вспучивающиеся покрытия), воздуховодов, кабелей и кабельных проходок, ковровых покрытий и тканей. Информация о средствах огнезащиты включает данные о рекомендуемых областях их применения, эффективности, технологии нанесения, организациях-производителях.</p>					

**ВНИМАНИЮ ПОДПИСЧИКОВ ТЕХНИЧЕСКИХ ИЗДАНИЙ!**

**ООО “Издательство “Пожнаука” продолжает подписку на 2009 г.  
на комплект журналов “Пожаровзрывобезопасность”  
и “Пожарная безопасность в строительстве”.  
Стоимость подписки на 1-е полугодие — 1586 руб.**

**Подписка осуществляется через следующие агентства:**

Название организации	Телефон/факс	Адрес	Индекс в каталоге
Агентство подписки и розницы “АПР”	(495) 974-11-11	123995, г. Москва, пр-т Маршала Жукова, д. 4	83647
Агентство “РОСПЕЧАТЬ”	(495) 921-25-50	123995, г. Москва, пр-т Маршала Жукова, д. 4	83340
Агентство “ВСЯ ПРЕССА”	(495) 787-34-47, 787-36-31	127015, Москва, ул. Ново-дмитровская, д. 5А	—
Агентство “ИНТЕР-ПОЧТА”	(495) 500-00-60, 684-55-34	129090, г. Москва, пер. Васнецова, д. 4, стр. 2	—
Агентство “УРАЛ-ПРЕСС XXI”	(495) 789-86-37, 789-86-36	125040, г. Москва, Нижняя Масловка, д. 11-13	—
Агентство “Артос-ГАЛ”	(495) 981-03-24	г. Москва, ул. 3-я Гражданская, д. 3, стр. 2	107564
ООО “Информнаука”	(495) 155-43-42	125190, г. Москва, ул. Усиевича, д. 20	—

**ПЕРЕЧЕНЬ ОРГАНИЗАЦИЙ,  
распространяющих литературу издательства “Пожнаука”**

Название организации	Адрес	Телефон/факс
1. ПУЛЬС	107014, г. Москва, ул. Русаковская, д. 28, стр. 1 А	(495) 933-09-90
2. Дом книги Санкт-Петербурга	191186, г. Санкт-Петербург, Невский пр-т, д. 28	(812) 449-28-73 449-28-78
3. ООО “НТЦ “ИРАРМ”	162627, Вологодская обл., г. Череповец, ул. Металлургов, д. 12	(8202) 57-43-68
4. ЗАО “КНОРУС”	129110, г. Москва, ул. Б. Переяславская, д. 46	(495) 680-72-54, 680-12-78, 783-39-68
5. НИЦ “Норматив-Информ”	109417, г. Москва, Рязанский пр-т, д. 82, кор. 5, а/я 97	(495) 705-31-51
6. ООО “ДиА Медиа”	127560, Москва, а/я 97	(499) 158-63-45, 158-63-51, 158-67-17
7. Альфа Библиос	109240, г. Москва, ул. Гончарная, д. 3, стр. 1, комн. 15	(495) 698-06-41, 933-81-08, 995-20-27
8. ООО “Центр Пропаганды”	129515, г. Москва, ул. Академика Королева, д. 13, кор. 1	(495) 231-48-41



Продолжение таблицы

Название организации	Адрес	Телефон/факс
9. ООО “Т-Книга”	460052, г. Оренбург, ул. Салмышская, д. 25, к. 4	(3532) 77-49-06
10. УралИнфоСервис	620138, г. Екатеринбург, а/я 23	(343) 349-04-55, 349-05-75, 349-04-50
11. ЦУПЛ	111123, г. Москва, ш. Энтузиастов, д. 56	(495) 978-18-22, 971-42-67, 788-50-30
12. ООО “Издательский Дом ИНФРА-М”	127282, г. Москва, ул. Полярная, д. 31в	(495) 380-05-40, 363-42-60, 363-92-12, 380-05-42
13. ЗАО “Делсар”	220050, г. Минск-50, а/я 267	(10-375-17) 210-50-32, 284-16-55
14. ООО “Ивкнига”	153038, г. Иваново, ул. Кудряшова, д. 98	(4932) 56-15-76, 56-20-77, 56-15-01, 53-78-72, 56-05-81
15. ООО “Техническая книга”	660049, г. Красноярск, ул. К. Маркса, д. 78, 2-й этаж	(3912) 40-77-83, 27-52-86
16. ООО “Издательство “Калан”	620017, г. Екатеринбург, Пр. Космонавтов, д. 11/1, оф. 7	(343) 321-95-67
17. ООО “ТЕТРАН”	344022, г. Ростов-на-Дону, Боготяновский спуск, д. 21	(863) 263-63-88

**Образец заявки для оформления заказа на литературу**

Название организации (полностью), реквизиты (ИНН/КПП обязательно)
Наименование и количество заказываемой литературы
Вид доставки: • самовывоз; • почтовая (ВНИМАНИЕ! +20% от стоимости заказа)
Почтовый адрес, тел./факс, e-mail, контактное лицо

**Желающие сделать заказ в издательстве “Пожнаука” (г. Москва)**

- могут отправить заявку в отдел распространения:**
- по почте: 107023, г. Москва, пл. Журавлева, д. 2, стр. 2
  - по тел./факсу: (495) 228-09-03
  - по e-mail: firepress@gmail.com, info@firepress.ru



## К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

Направляемые в журнал “ПОЖАРОВЗРЫВБЕЗОПАСНОСТЬ” статьи должны представлять собой результаты научных исследований и испытаний, описания технических устройств и программно-информационных продуктов, проблемные обзоры и краткие сообщения, комментарии и собственно нормативно-технические документы, справочные материалы и т. п. Методы расчета и экспериментальные данные автора должны быть оформлены в соответствии с рекомендациями КОДАТА. Остальные численные данные, за исключением общеизвестных величин, следует снабжать ссылками на первоисточник. Научные статьи должны иметь практическую направленность. В начале работы (например, во введении) целесообразно кратко изложить состояние проблемы и место в ней данной задачи. В конце публикации желательны краткие выводы с указанием научной новизны и практической полезности материала.

*Редакция просит авторов при подготовке рукописи руководствоваться изложенными ниже правилами.*

1. Статья должна быть представлена на бумажном и магнитном носителях или может быть послана в редакцию по электронной почте (firepress@gmail.com). Статья должна быть ясно изложена, тщательно отредактирована и подписана авторами.

2. Текст статьи должен быть напечатан через 2 интервала без помарок и вставок на одной стороне стандартного листа формата А4 с левым полем 3 см. На полях напротив первой ссылки в тексте проставляются номера рисунков и таблиц.

3. Материал статьи излагается в следующей последовательности:

- номер УДК (универсальная десятичная классификация);
- название статьи;
- имена, отчества и фамилии всех авторов (полностью), должности, степени, звания и название организации (полностью) (на русском и английском языках), фотографии авторов, контактные телефоны, почтовый и электронный адреса. Число авторов — не более трех от одной организации и не более четырех от разных организаций. Авторами являются лица, принимавшие участие во всей работе или ее главных разделах. Лица, участвовавшие в работе частично, указываются в сносках;
- аннотация (на русском и английском языках);
- ключевые слова (на русском и английском языках);
- текст статьи;
- цитируемая литература;
- рисунки и подписи к ним.

4. Сокращения и условные обозначения физических величин должны соответствовать действующим международным стандартам. Формулы и буквенные обозначения должны быть четкими и ясными. При возможности неоднозначного понимания формул и обозначений: показатели и другие надстрочные знаки отмечаются простым карандашом дугой  $\cup$ , а подстрочные — дугой  $\cap$ ; заглавные буквы подчеркиваются двумя черточками снизу, строчные — сверху (например,  $\underline{\underline{Q}}$  и  $\overline{\overline{o}}$ ); греческие буквы подчеркиваются красным карандашом. Все буквенные обозначения, входящие в формулы, должны быть расшифрованы с указанием единиц измерения. Размерность всех характеристик должна соответствовать системе СИ.

5. Иллюстрации (на бумажном носителе и электронные версии) прилагаются отдельно. Фотографии должны быть сделаны с хорошего негатива контрастной печатью (файлы растровых изображений представляются с разрешением не менее 300 dpi, черно-белая штриховая графика — 600 dpi). Файлы векторной графики предоставляются в формате той программы, где они созданы. Все иллюстрации должны иметь сквозную нумерацию. Чертежи в качестве иллюстраций не приемлемы.

6. Таблицы должны быть составлены лаконично и содержать только необходимые сведения, однотипные таблицы строятся одинаково. Цифровые данные следует округлять в соответствии с точностью эксперимента. Сведения в таблицах и на рисунках не должны повторяться.

7. Цитируемая литература должна быть оформлена в виде общего списка в порядке цитирования или по алфавиту. В тексте ссылка на литературу отмечается порядковой цифрой в квадратных скобках, например [1]. Литература в списке дается на языке оригинала. Библиографические данные приводятся по титульному листу издания. Порядок изложения элементов библиографического описания определяется требованиями ГОСТ 7.1–2003.

8. Отклоненные статьи автору не возвращаются. Просьба редакции о переработке материала не означает, что он принят к печати.

*Приглашаем Вас к сотрудничеству на страницах нашего журнала.*

## АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ ЗА 2008 г.

## А

- Абакумов Е. С.** см. Пузач С. В.
- Авдеев А. С.** см. Алексеев С. Г.
- Аглиуллин Р. И.** см. Белицкий В. И.
- Андрианова Г. П.** см. Беспалов П. М.
- Андрианова Г. П.** см. Воронцова О. Е.
- Акинин Н. И.** см. Новикова И. В.
- Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Авдеев А. С., Пищальников А. В., Орлов С. А., Уломский Е. Н., Артемьев Г. А.** Показатели пожаровзрывоопасности нитроуксусного эфира, №5, 48
- Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Авдеев А. С., Пищальников А. В., Орлов С. А., Уломский Е. Н.** Показатели пожаровзрывоопасности противовирусного препарата триазивирин и полупродуктов его синтеза, №3, 46
- Артамонов В. С., Груданова О. В., Таранцев А. А.** Уточненный порядок расчета одноуровневых разветвленных гидравлических сетей, №3, 77
- Артемьев Г. А.** см. Алексеев С. Г.
- Афанасьев С. В., Триполицын А. А., Рукшин В. Е., Рощенко О. С.** Огнезащитные составы на основе амидофосфатов и механизм их действия, №2, 40,

## Б

- Балакин В. М., Полищук Е. Ю., Горбунова Е. М., Рукавишников А. В.** Исследование огнезащитных и физико-химических свойств фосфорсодержащих карбамидаминоформальдегидных олигомеров, №5, 54
- Балакин В. М., Полищук Е. Ю.** Азот-фосфорсодержащие антипирены для древесины и древесных композиционных материалов (*литературный обзор*), №2, 43
- Барановская С. В.** см. Барановский Н. В.
- Барановский Н. В., Барановская С. В.** Теплообмен нагретой частицы и поверхностных тканей верхних дыхательных путей, №5, 35
- Барановский Н. В.** Интегральная по пространству оценка лесной пожарной опасности, №6, 38
- Барановский Н. В.** см. Кузнецов Г. В.
- Барбин Н. М.** см. Алексеев С. Г.
- Барботько С. Л., Голиков Н. И.** О комплексной оценке пожарной опасности материалов, №6, 16
- Барботько С. Л.** Прогнозирование на основе математической модели изменения кинетики тепловыделения при горении стеклопластика, №5, 23
- Барботько С. Л.** см. Коротков М. М.
- Барг М. А.** см. Поландов Ю. Х.

- Белицкий В. И., Аглиуллин Р. И.** Применение географической информационно-аналитической системы для моделирования и оценки пожарной опасности в очаге ядерного поражения, №5, 57
- Бельцова Т. Г., Корольченко О. Н.** Показатели воспламеняемости огнезащитной древесины, №4, 31
- Бельцова Т. Г., Корольченко О. Н.** Распространение пламени по поверхности огнезащитной древесины, №2, 52
- Бельцова Т. Г.** см. Трушкин Д. В.
- Беспалов П. М., Гайдарова Л. Л., Андрианова Г. П., Топоров Ю. П.** Сравнительная оценка различных видов гидроксида алюминия как антипирена в поливинилхлоридном покрытии искусственной кожи, №1, 17
- Бессонов Н. М., Еремина Т. Ю., Гравит М. В., Дмитриева Ю. Н.** Метод и программа расчета времени прогрева стальных конструкций, покрытых огнезащитной вспучивающейся краской "Терма", №6, 27
- Бочкарев А. Н.** Анализ инцидентов, связанных с пожарами в аэропортах, и методы обеспечения пожаровзрывобезопасности объектов воздушного транспорта, №4, 48
- Бочкарев А. Н.** Методика организации досмотра и определения потребности в современных технических средствах для обеспечения пожаровзрывобезопасности в гражданской авиации, №3, 8
- Бочкарев А. Н.** Методика организации многоуровневых систем авиационной и пожарной безопасности на воздушном транспорте, №6, 57
- Брушлинский Н. Н., Глуховенко Ю. М., Коробко В. Б., Соколов С. В.** Компьютерные технологии для экспертизы пожарной безопасности объектов, №4, 42
- Буланов И. Ю.** Модель процесса гражданского воспитания курсантов образовательных учреждений МЧС России, №3, 13
- Былинкин В. А.** см. Пахомов В. П.

## В

- Веприкова А. А., Райкова В. М., Новикова И. В.** Энергия взрыва конденсированных взрывчатых смесей и двухфазных аэрозвесей, содержащих жидкое горючее и металл, №5, 43
- Власенко С. А.** см. Поландов Ю. Х.
- Вогман Л. П., Шмурнов П. В.** Обеспечение пожарной безопасности горючих отложений в воздуховодах систем местных отсосов, №6, 43
- Вогман Л. П., Шмурнов П. В.** Обеспечение пожарной безопасности систем местных отсосов. Расчетные методы, №5, 64

- Вологжанин О. Ю.** см. Ильин В. В.
- Воевода С. С., Корольченко Д. А., Макаров С. А.** Обзор зарубежной литературы по моделированию процесса тушения нефтепродуктов пенами, №3, 60
- Воевода С. С., Маркеев А. В.** Влияние жесткости воды на эффективность тушения спиртосодержащих углеводородных топлив, №5, 70
- Воевода С. С., Маркеев А. В.** Влияние температуры горючего на основные параметры тушения топлив, содержащих спирты, №4, 70
- Воронцова О. Е., Гайдарова Л. Л., Андрианова Г. П., Фомина О. А.** Влияние пигментов на пожароопасность поливинилхлоридного покрытия обычной искусственной кожи, №1, 26

## Г

- Гайдарова Л. Л.** см. Беспалов П. М.
- Гайдарова Л. Л.** см. Воронцова О. Е.
- Галишев М. А.** см. Шарапов С. В.
- Гарашенко А. Н.** см. Корольченко А. Я.
- Гарашенко Н. А.** см. Корольченко А. Я.
- Гизматулин А. Н.** см. Моторыгин Ю. Д.
- Глуховенко Ю. М.** см. Брушлинский Н. Н.
- Голиков Н. И.** см. Барботько С. Л.
- Горбунова Е. М.** см. Балакин В. М.
- Горбунов Н. И., Дийков Л. К., Медведев Ф. К.** Оптоэлектронные приборы для обнаружения и регистрации электромагнитного излучения от очагов пожара и взрыва, №1, 47
- Горев В. А.** Оценка скорости горения однородной газовой смеси при определяющем влиянии неустойчивости пламени, №1, 12
- Гравит М. В.** см. Бессонов Н. М.
- Груданова О. В.** см. Артамонов В. С.
- Груздь С. И., Миронов М. П., Иванов В. Е., Контобойцев Е. А.** К вопросу взаимодействия Всероссийского добровольного пожарного общества с образовательными учреждениями МЧС России, №2, 16
- Гудков С. В., Крылова Н. В., Путин С. Б., Хромов А. Ю.** Современные средства изолирующей защиты органов дыхания гражданского населения при пожарах и других чрезвычайных ситуациях, №2, 58
- Гундар С. В., Денисов А. Н.** Изучение действий работников организаций и граждан в случае обнаружения пожара, №3, 21
- Гусарова Н. К.** см. Кузнецов К. Л.
- Гусельников А. В.** см. Шнайдер А. В.

## Д

- Денисов А. Н.** см. Гундар С. В.
- Дийков Л. К.** см. Горбунов Н. И.

- Дмитриева Ю. Н., Крашенинникова М. В., Семенов Д. С.** Использование лака “Терма” с учетом особенностей применяемых материалов отделки в общественных зданиях, №2, 56
- Дмитриева Ю. Н.** см. Бессонов Н. М.
- Долговидов А. В., Сабинин О. Ю.** Автоматические средства подачи огнетушащих порошков, №1, 62

## Е

- Евграфов П. М., Нестеров А. В., Нестерова О. В.** Подготовка населения к действиям при пожарах как единая информационно-техническая и психологическая проблема, №5, 5
- Евграфов П. М.** Правила пожарной безопасности в части действий организаций при пожарах и их эффективность, №2, 10
- Евграфов П. М.** Правовые вопросы Государственного пожарного надзора в арендных отношениях, №2, 21
- Егоров А. Г.** см. Иванов С. В.
- Еремин Ю. С.** см. Поляков Д. В.
- Еремина Т. Ю.** см. Бессонов Н. М.

## З

- Захаревич А. В., Кузнецов Г. В., Максимов В. И.** Механизм зажигания бензина одиночной нагретой до высоких температур металлической частицей, №5, 39
- Захаревич А. В.** см. Кузнецов Г. В.
- Злодеев В. Н.** см. Старков Н. Н.
- Зуев А. В.** см. Коротков М. М.

## И

- Иванин С. В., Егоров А. Г., Старков Н. Н.** Границы зажигания потока аэрозвеси частиц алюминия в трубе с внезапным расширением, №6, 9
- Иванин С. В.** см. Старков Н. Н.
- Иванов А. И.** см. Моторыгин Ю. Д.
- Иванов В. Е.** см. Груздь С. И.
- Изотова Т. Ф.** см. Коротков М. М.
- Ильин В. В., Рыбаков А. П., Вологжанин О. Ю., Рыбаков Н. А.** Двухпараметрический критерий возбуждения взрыва зарядов высокоэнергетических материалов, №4, 63

## К

- Кафидов В. В.** см. Орлова О. Н.
- Кононов С. И.** см. Шарапов С. В.
- Контобойцев Е. А.** см. Груздь С. И.
- Коробко В. Б.** см. Брушлинский Н. Н.
- Корольченко А. Я., Гарашенко А. Н., Гарашенко Н. А., Рудзинский В. П.** Расчеты толщин огне-



защиты, обеспечивающих требуемые показатели пожарной опасности деревоклеенных конструкций, №3, 49

**Корольченко Д. А.** см. Воевода С. С.

**Корольченко О. Н.** Дымообразование при горении огнезащищенной древесины, №1, 20

**Корольченко О. Н.** см. Бельцова Т. Г.

**Корольченко О. Н.** см. Трушкин Д. В.

**Коротков М. М., Изотова Т. Ф., Зуев А. В., Барботько С. Л.** Влияние теплофизических свойств на пожаробезопасность термостойких полимеров на основе полисульфона, №6, 11

**Костин А. А.** см. Старков Н. Н.

**Крашенинникова М. В.** Тенденции и перспективы разработки композиций вспучивающихся огнезащитных покрытий для повышения пределов огнестойкости строительных конструкций, №2, 36

**Крашенинникова М. В.** см. Дмитриева Ю. Н.

**Крылова Н. В.** см. Гудков С. В.

**Кузнецов Г. В., Барановский Н. В.** Математическое моделирование зажигания дерева хвойной породы наземных грозовым разрядом, №3, 41

**Кузнецов Г. В., Стрижак П. А.** Влияние фазового состояния частиц металлов на условия зажигания пожароопасных жидкостей, №4, 17

**Кузнецов Г. В., Стрижак П. А.** Особенности зажигания парогазовой смеси нагретой до высоких температур металлической частицей, №3, 26

**Кузнецов Г. В., Стрижак П. А.** Пожароопасность процессов взаимодействия разогретых до высоких температур частиц с тканями, пропитанными горючими жидкостями, №5, 16

**Кузнецов Г. В., Захаревич А. В., Максимов В. И.** Зажигание дизельного топлива одиночной “горячей” металлической частицей, №4, 28

**Кузнецов Г. В.** см. Захаревич А. В.

**Кузнецов К. Л., Удилов В. П., Малышева С. Ф., Плотникова Г. В., Селезнев В. Ю.** Исследование механизма снижения горючести поливинилхлоридных пластизолов при введении фосфорсодержащих антипиренов, №3, 57

**Кузнецов К. Л., Шарпинский Д. Ю., Гусарова Н. К., Плотникова Г. В.** Математическое моделирование выбора оптимального содержания антипирена в поливинилхлоридных пластизолах, №6, 33

## Л

**Лебедченко О. С.** см. Пузач С. В.

**Ловчиков В. А.** см. Моторыгин Ю. Д.

**Ляпин А. В.** Современные огне- и дымозащитные преграды, №6, 49

## М

**Макаров С. А.** см. Воевода С. С.

**Максимов В. И.** см. Захаревич А. В.

**Максимов В. И.** см. Кузнецов Г. В.

**Малышева С. Ф.** см. Кузнецов К. Л.

**Маркеев А. В.** см. Воевода С. С.

**Маскаева Л. Н.** см. Шнайдер А. В.

**Марков В. Ф.** см. Шнайдер А. В.

**Медведев Ф. К.** см. Горбунов Н. И.

**Мешалкин Е. А., Шевченко П. М.** Состояние и перспективы разработок изделий для тушения пожаров тонкораспыленной водой, №1, 68

**Миронов М. П.** см. Груздь С. И.

**Миронов М. П.** см. Шнайдер А. В.

**Моторыгин Ю. Д., Ловчиков В. А., Шарапов С. В., Иванов А. И., Гизматулин А. Н.** Оценка времени горения легкового автомобиля с помощью конечных цепей Маркова, №2, 63

## Н

**Неплюхов И.** Однокомпонентные дымовые линейные пожарные извещатели, №1, 56

**Нестерова О. В.** см. Евграфов П. М.

**Нестеров А. В.** см. Евграфов П. М.

**Новикова И. В., Райкова В. М., Акинин Н. И.** Адиабатическая температура горения и теплота сгорания аэродисперсных систем, содержащих жидкое горючее и металл, №1, 6

**Новикова И. В.** см. Веприкова А. А.

## О

**Орлова О. Н., Кафидов В. В.** Закономерности, участвующие в управлении карьерой руководителя пожарной охраны, №1, 44

**Орлова О. Н.** Карьерное движение в системе Государственной противопожарной службы, №2, 67

**Орлова О. Н.** Планирование кадрового резерва как основная часть формирования руководящего ядра органа управления, №4, 66

**Орлов С. А.** см. Алексеев С. Г.

## П

**Пахомов В. П., Былинкин В. А.** Современные аспекты проектирования спринклерных установок пожаротушения, №1, 76

**Пищальников А. В.** см. Алексеев С. Г.

**Плотникова Г. В.** см. Кузнецов К. Л.

**Поландов Ю. Х., Барг М. А., Власенко С. А.** Экспериментальное исследование влияния места установки взрывного клапана на давление взрыва в газовых топках, №3, 68

**Полищук Е. Ю.** см. Балакин В. М.

**Поляков Д. В., Еремин Ю. С.** Типы современных установок пожаротушения для защиты складов с высотным стеллажным хранением, №5, 73

**Пузач С. В., Фролов И. Е., Лебедченко О. С., Абакумов Е. С., Хай Нгуен Тхань.** Сравнительный ана-

лиз методов расчета массовых расходов системы дымоудаления при пожаре в помещении, №4, 55

**Путин С. Б.** см. Гудков С. В.

## Р

**Райкова В. М.** см. Веприкова А. А.

**Райкова В. М.** см. Новикова И. В.

**Рощенко О. С.** см. Афанасьев С. В.

**Рудзинский В. П.** см. Корольченко А. Я.

**Рукавишников А. В.** см. Балакин В. М.

**Рукшин В. Е.** см. Афанасьев С. В.

**Рыбаков А. П.** см. Ильин В. В.

**Рыбаков Н. А.** см. Ильин В. В.

## С

**Сабинин О. Ю.** Экспериментальное изучение влияния технологических свойств порошковых составов на их огнетушащую способность при импульсном способе пожаротушения, №6, 64

**Сабинин О. Ю.** см. Долговидов А. В.

**Седнев В. А.** см. Шульгин В. Н.

**Селезнев В. Ю.** см. Кузнецов К. Л.

**Семенов Д. С.** см. Дмитриева Ю. Н.

**Соколов С. В.** см. Брушлинский Н. Н.

**Старков Н. Н., Злодеев В. Н.** Пожарная опасность предремонтной подготовки резервуаров. Перспективы развития способов очистки резервуаров, №4, 34

**Старков Н. Н., Костин А. А., Иванов С. В.** Исследование вопросов применения твердой двуокиси углерода в качестве огнетушащего вещества для тушения пожаров, №3, 71

**Старков Н. Н.** см. Иванов С. В.

**Стрижак П. А.** см. Кузнецов Г. В.

**Субботин А. Н.** Аналитическое решение задачи зажигания высокоэнергетических веществ провололочкой, нагреваемой электрическим током, №4, 22

**Субботин А. Н.** Влияние диффузии на воспламенение и горение многокомпонентных газовых смесей, №3, 33

**Субботин А. Н.** Численное исследование зажигания конденсированных веществ провололочкой, нагреваемой электрическим током, №5, 29

## Т

**Таранцев А. А.** см. Артамонов В. С.

**Телегин М. А.** см. Шараров С. В.

**Теребнев В. В., Семенов А. О., Тараканов Д. В.** Эволюция структуры управления силами и средствами на пожаре, №4, 10

**Тетерин И. М., Фирсов А. В.** Некоторые вопросы анализа рисков при транспортировке грузов повышенной опасности. Часть 1., №4, 37

**Тетерин И. М., Фирсов А. В.** Некоторые вопросы анализа рисков при транспортировке грузов повышенной опасности. Часть 2., №5, 61

**Топоров Ю. П.** см. Беспалов П. М.

**Триполицын А. А.** см. Афанасьев С. В.

**Трифопова О. Н.** Химическая модификация древесины с целью снижения ее горючести, №1, 23

**Тропин А. Н.** Формирователь тест-сигнала для дистанционного контроля работоспособности датчиков пламени и взрыва, №2, 70

**Трушкин Д. В., Корольченко О. Н., Бельцова Т. Г.** Горючесть древесины, обработанной огнезащитными составами, №1, 29

## У

**Удилов В. П.** см. Кузнецов К. Л.

**Уломский Е. Н.** см. Алексеев С. Г.

## Ф

**Фирсов А. В.** см. Тетерин И. М.

**Фомина О. А.** см. Воронцова О. Е.

**Фролов И. Е.** см. Пузач С. В.

## Х

**Хай Нгуен Тхань** см. Пузач С. В.

**Холщевников В. В.** Влияние закономерностей передвижения городского населения на пропускную способность пунктов доступа многофункциональных высотных зданий-комплексов, №1, 34

**Храмцов С. П.** Эколого-экономический эффект использования температурно-активированной воды при тушении пожаров, №4, 72

**Хромов А. Ю.** см. Гудков С. В.

## Ш

**Шараров С. В., Телегин М. А., Галишев М. А., Кононов С. И.** Определение пожароопасных характеристик почвенных отложений на объектах нефтегазового комплекса, №2, 29

**Шараров С. В.** см. Моторыгин Ю. Д.

**Шарпинский Д. Ю.** см. Кузнецов К. Л.

**Шевченко П. М.** см. Мешалкин Е. А.

**Шмурнов П. В.** Обеспечение пожарной безопасности систем воздухопроводов местных отсосов, №4, 52

**Шмурнов П. В.** см. Вогман Л. П.

**Шнайдер А. В., Миронов М. П., Гусельников А. В., Марков В. Ф., Маскаева Л. Н.** Быстродействующие инфракрасные детекторы обнаружения очагов открытого пламени и тления, №2, 74

**Шульгин В. Н., Седнев В. А.** Требования к защитным сооружениям гражданской обороны при пожарах, №6, 60

## ТЕМАТИЧЕСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ В ЖУРНАЛЕ В 2008 г.

Фамилии авторов и названия статей	Номер журнала	Стр.
<b>ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ</b>		
<b>Бочкарев А. Н.</b> Методика организации досмотра и определения потребности в современных технических средствах для обеспечения пожаровзрывобезопасности в гражданской авиации . . . . .	3	8
<b>Буланов И. Ю.</b> Модель процесса гражданского воспитания курсантов образовательных учреждений МЧС России. . . . .	3	13
<b>Груздь С. И., Мионов М. П., Иванов В. Е., Контобойцев Е. А.</b> К вопросу взаимодействия Всероссийского добровольного пожарного общества с образовательными учреждениями МЧС России . . . . .	2	16
<b>Гундар С. В., Денисов А. Н.</b> Изучение действий работников организаций и граждан в случае обнаружения пожара . . . . .	3	21
<b>Евграфов П. М.</b> Правила пожарной безопасности в части действий организаций при пожарах и их эффективность. . . . .	2	10
<b>Евграфов П. М.</b> Правовые вопросы Государственного пожарного надзора в арендных отношениях . . . . .	2	21
<b>Евграфов П. М., Нестеров А. В., Нестерова О. В.</b> Подготовка населения к действиям при пожарах как единая информационно-техническая и психологическая проблема . . . . .	5	5
<b>Теребнев В. В., Семенов А. О., Тараканов Д. В.</b> Эволюция структуры управления силами и средствами на пожаре . . . . .	4	10
<b>ПРОЦЕССЫ ГОРЕНИЯ</b>		
<b>Барановский Н. В., Барановская С. В.</b> Теплообмен нагретой частицы и поверхностных тканей верхних дыхательных путей . . . . .	5	35
<b>Барботько С. Л.</b> Прогнозирование на основе математической модели изменения кинетики тепловыделения при горении стеклопластика. . . . .	5	23
<b>Горев В. А.</b> Оценка скорости горения однородной газовой смеси при определяющем влиянии неустойчивости пламени . . . . .	1	12
<b>Захаревич А. В., Кузнецов Г. В., Максимов В. И.</b> Механизм зажигания бензина одиночной нагретой до высоких температур металлической частицей . . . . .	5	39
<b>Иванин С. В., Егоров А. Г., Старков Н. Н.</b> Границы зажигания потока аэрозвеси частиц алюминия в трубе с внезапным расширением. . . . .	6	9
<b>Кузнецов Г. В., Барановский Н. В.</b> Математическое моделирование зажигания дерева хвойной породы наземных грозовым разрядом . . . . .	3	41
<b>Кузнецов Г. В., Захаревич А. В., Максимов В. И.</b> Зажигание дизельного топлива одиночной "горячей" металлической частицей . . . . .	4	28
<b>Кузнецов Г. В., Стрижак П. А.</b> Влияние фазового состояния частиц металлов на условия зажигания пожароопасных жидкостей. . . . .	4	17
<b>Кузнецов Г. В., Стрижак П. А.</b> Особенности зажигания парогазовой смеси нагретой до высоких температур металлической частицей . . . . .	3	26
<b>Кузнецов Г. В., Стрижак П. А.</b> Пожароопасность процессов взаимодействия разогретых до высоких температур частиц с тканями, пропитанными горючими жидкостями . . . . .	5	16
<b>Новикова И. В., Райкова В. М., Акинин Н. И.</b> Адиабатическая температура горения и теплота сгорания аэродисперсных систем, содержащих жидкое горючее и металл . . . . .	1	6
<b>Субботин А. Н.</b> Аналитическое решение задачи зажигания высокоэнергетических веществ провололочкой, нагреваемой электрическим током . . . . .	4	22
<b>Субботин А. Н.</b> Влияние диффузии на воспламенение и горение многокомпонентных газовых смесей . . . . .	3	33
<b>Субботин А. Н.</b> Численное исследование зажигания конденсированных веществ провололочкой, нагреваемой электрическим током. . . . .	5	29

Фамилии авторов и названия статей	Номер журнала	Стр.
-----------------------------------	------------------	------

## ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

<b>Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Авдеев А. С., Пищальников А. В., Орлов С. А., Уломский Е. Н.</b> Показатели пожаровзрывоопасности противовирусного препарата триазивирин и полупродуктов его синтеза . . . . .	3	46
<b>Алексеев С. Г., Барбин Н. М., Авдеев А. С., Пищальников А. В., Орлов С. А., Уломский Е. Н., Артемьев Г. А.</b> Показатели пожаровзрывоопасности нитроуксусного эфира . . . . .	5	48
<b>Барботько С. Л., Голиков Н. И.</b> О комплексной оценке пожарной опасности материалов. . . . .	6	16
<b>Веприкова А. А., Райкова В. М., Новикова И. В.</b> Энергия взрыва конденсированных взрывчатых смесей и двухфазных аэрозвесей, содержащих жидкое горючее и металл . . . . .	5	43
<b>Коротков М. М., Изотова Т. Ф., Зуев А. В., Барботько С. Л.</b> Влияние теплофизических свойств на пожаробезопасность термостойких полимеров на основе полисульфона . . . . .	6	11
<b>Шарапов С. В., Телегин М. А., Галишев М. А., Кононов С. И.</b> Определение пожароопасных характеристик почвенных отложений на объектах нефтегазового комплекса . . . . .	2	29

## ОГНЕЗАЩИТА

<b>Афанасьев С. В., Триполицын А. А., Рукшин В. Е., Рощенко О. С.</b> Огнезащитные составы на основе амидофосфатов и механизм их действия . . . . .	2	40
<b>Балакин В. М., Полищук Е. Ю.</b> Азот-фосфорсодержащие антипирены для древесины и древесных композиционных материалов ( <i>литературный обзор</i> ) . . . . .	2	43
<b>Балакин В. М., Полищук Е. Ю., Горбунова Е. М., Рукавишников А. В.</b> Исследование огнезащитных и физико-химических свойств фосфорсодержащих карбамидаминоформальдегидных олигомеров . . . . .	5	54
<b>Бельцова Т. Г., Корольченко О. Н.</b> Показатели воспламеняемости огнезащищенной древесины . . . . .	4	31
<b>Бельцова Т. Г., Корольченко О. Н.</b> Распространение пламени по поверхности огнезащищенной древесины . . . . .	2	52
<b>Беспалов П. М., Гайдарова Л. Л., Андрианова Г. П., Топоров Ю. П.</b> Сравнительная оценка различных видов гидроксида алюминия как антипирена в поливинилхлоридном покрытии искусственной кожи . . . . .	1	17
<b>Бессонов Н. М., Еремина Т. Ю., Гравит М. В., Дмитриева Ю. Н.</b> Метод и программа расчета времени прогрева стальных конструкций, покрытых огнезащитной вспучивающейся краской “Терма” . . . . .	6	27
<b>Воронцова О. Е., Гайдарова Л. Л., Андрианова Г. П., Фомина О. А.</b> Влияние пигментов на пожароопасность поливинилхлоридного покрытия обивочной искусственной кожи . . . . .	1	26
<b>Дмитриева Ю. Н., Крашенинникова М. В., Семенов Д. С.</b> Использование лака “Терма” с учетом особенностей применяемых материалов отделки в общественных зданиях . . . . .	2	56
<b>Корольченко А. Я., Гаращенко А. Н., Гаращенко Н. А., Рудзинский В. П.</b> Расчеты толщин огнезащиты, обеспечивающих требуемые показатели пожарной опасности деревоклееных конструкций . . . . .	3	49
<b>Корольченко О. Н.</b> Дымообразование при горении огнезащищенной древесины . . . . .	1	20
<b>Крашенинникова М. В.</b> Тенденции и перспективы разработки композиций вспучивающихся огнезащитных покрытий для повышения пределов огнестойкости строительных конструкций . . . . .	2	36
<b>Кузнецов К. Л., Удилов В. П., Малышева С. Ф., Плотникова Г. В., Селезнев В. Ю.</b> Исследование механизма снижения горючести поливинилхлоридных пластизолов при введении фосфорсодержащих антипиренов . . . . .	3	57
<b>Кузнецов К. Л., Шарпинский Д. Ю., Гусарова Н. К., Плотникова Г. В.</b> Математическое моделирование выбора оптимального содержания антипирена в поливинилхлоридных пластизолах . . . . .	6	33
<b>Трифонов О. Н.</b> Химическая модификация древесины с целью снижения ее горючести . . . . .	1	23
<b>Трушкин Д. В., Корольченко О. Н., Бельцова Т. Г.</b> Горючесть древесины, обработанной огнезащитными составами . . . . .	1	29



Фамилии авторов и названия статей	Номер журнала	Стр.
<b>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЖАРОВ</b>		
<b>Барановский Н. В.</b> Интегральная по пространству оценка лесной пожарной опасности . . . . .	6	38
<b>Белицкий В. И., Аглиуллин Р. И.</b> Применение географической информационно-аналитической системы для моделирования и оценки пожарной опасности в очаге ядерного поражения . . .	5	57
<b>Воевода С. С., Корольченко Д. А., Макаров С. А.</b> Обзор зарубежной литературы по моделированию процесса тушения нефтепродуктов пенами . . . . .	3	60
<b>Ильин В. В., Рыбаков А. П., Воложанин О. Ю., Рыбаков Н. А.</b> Двухпараметрический критерий возбуждения взрыва зарядов высокоэнергетических материалов . . . . .	4	63
<b>Моторыгин Ю. Д., Ловчиков В. А., Шарапов С. В., Иванов А. И., Гизматулин А. Н.</b> Оценка времени горения легкового автомобиля с помощью конечных цепей Маркова . . . . .	2	63
<b>Пузач С. В., Фролов И. Е., Лебедченко О. С., Абакумов Е. С., Хай Нгуен Тхань.</b> Сравнительный анализ методов расчета массовых расходов системы дымоудаления при пожаре в помещении	4	55
<b>ПОЖАРОВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ</b>		
<b>Поландов Ю. Х., Барг М. А., Власенко С. А.</b> Экспериментальное исследование влияния места установки взрывного клапана на давление взрыва в газовых топках . . . . .	3	68
<b>Старков Н. Н., Злодеев В. Н.</b> Пожарная опасность предремонтной подготовки резервуаров. Перспективы развития способов очистки резервуаров . . . . .	4	34
<b>Тетерин И. М., Фирсов А. В.</b> Некоторые вопросы анализа рисков при транспортировке грузов повышенной опасности. Часть 1 . . . . .	4	37
<b>Тетерин И. М., Фирсов А. В.</b> Некоторые вопросы анализа рисков при транспортировке грузов повышенной опасности. Часть 2 . . . . .	5	61
<b>ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ЗДАНИЙ, СООРУЖЕНИЙ, ОБЪЕКТОВ</b>		
<b>Бочкарев А. Н.</b> Анализ инцидентов, связанных с пожарами в аэропортах, и методы обеспечения пожаровзрывобезопасности объектов воздушного транспорта . . . . .	4	48
<b>Бочкарев А. Н.</b> Методика организации многоуровневых систем авиационной и пожарной безопасности на воздушном транспорте . . . . .	6	57
<b>Брушлинский Н. Н., Глуховенко Ю. М., Коробко В. Б., Соколов С. В.</b> Компьютерные технологии для экспертизы пожарной безопасности объектов . . . . .	4	42
<b>Вогман Л. П., Шмурнов П. В.</b> Обеспечение пожарной безопасности горючих отложений в воздуховодах систем местных отсосов. . . . .	6	43
<b>Вогман Л. П., Шмурнов П. В.</b> Обеспечение пожарной безопасности систем местных отсосов. Расчетные методы . . . . .	5	64
<b>Ляпин А. В.</b> Современные огне- и дымозащитные преграды. . . . .	6	49
<b>Шмурнов П. В.</b> Обеспечение пожарной безопасности систем воздуховодов местных отсосов . .	4	52
<b>Шульгин В. Н., Седнев В. А.</b> Требования к защитным сооружениям гражданской обороны при пожарах . . . . .	6	60
<b>БЕЗОПАСНОСТЬ ЛЮДЕЙ ПРИ ПОЖАРАХ</b>		
<b>Гудков С. В., Крылова Н. В., Путин С. Б., Хромов А. Ю.</b> Современные средства изолирующей защиты органов дыхания гражданского населения при пожарах и других чрезвычайных ситуациях . . . . .	2	58
<b>Холщевников В. В.</b> Влияние закономерностей передвижения городского населения на пропускную способность пунктов доступа многофункциональных высотных зданий-комплексов. . . . .	1	34
<b>ЭКОНОМИКА, УПРАВЛЕНИЕ, КАДРЫ</b>		
<b>Орлова О. Н.</b> Карьерное движение в системе Государственной противопожарной службы . . . . .	2	67
<b>Орлова О. Н.</b> Планирование кадрового резерва как основная часть формирования руководящего ядра органа управления . . . . .	4	66
<b>Орлова О. Н., Кафидов В. В.</b> Закономерности, участвующие в управлении карьерой руководителя пожарной охраны . . . . .	1	44

Фамилии авторов и названия статей	Номер журнала	Стр.
-----------------------------------	------------------	------

### ПОЖАРНАЯ АВТОМАТИКА

<b>Артамонов В. С., Груданова О. В., Таранцев А. А.</b> Уточненный порядок расчета одноуровневых разветвленных гидравлических сетей . . . . .	3	77
<b>Горбунов Н. И., Дийков Л. К., Медведев Ф. К.</b> Оптоэлектронные приборы для обнаружения и регистрации электромагнитного излучения от очагов пожара и взрыва . . . . .	1	47
<b>Неплохов И.</b> Однокомпонентные дымовые линейные пожарные извещатели. . . . .	1	56
<b>Поляков Д. В., Еремин Ю. С.</b> Типы современных установок пожаротушения для защиты складов с высотным стеллажным хранением. . . . .	5	73
<b>Тропин А. Н.</b> Формирователь тест-сигнала для дистанционного контроля работоспособности датчиков пламени и взрыва . . . . .	2	70
<b>Шнайдер А. В., Миронов М. П., Гусельников А. В., Марков В. Ф., Маскаева Л. Н.</b> Быстродействующие инфракрасные детекторы обнаружения очагов открытого пламени и тления. . . . .	2	74

### ТУШЕНИЕ ПОЖАРОВ

<b>Воевода С. С., Маркеев А. В.</b> Влияние жесткости воды на эффективность тушения спиртосодержащих углеводородных топлив . . . . .	5	70
<b>Воевода С. С., Маркеев А. В.</b> Влияние температуры горючего на основные параметры тушения топлив, содержащих спирты. . . . .	4	70
<b>Долговидов А. В., Сабинин О. Ю.</b> Автоматические средства подачи огнетушащих порошков	1	62
<b>Мешалкин Е. А., Шевченко П. М.</b> Состояние и перспективы разработок изделий для тушения пожаров тонкораспыленной водой. . . . .	1	68
<b>Пахомов В. П., Былинкин В. А.</b> Современные аспекты проектирования спринклерных установок пожаротушения . . . . .	1	76
<b>Сабинин О. Ю.</b> Экспериментальное изучение влияния технологических свойств порошковых составов на их огнетушащую способность при импульсном способе пожаротушения . . . . .	6	64
<b>Старков Н. Н., Костин А. А., Иванин С. В.</b> Исследование вопросов применения твердой двуокиси углерода в качестве огнетушащего вещества для тушения пожаров . . . . .	3	71
<b>Храмцов С. П.</b> Эколого-экономический эффект использования температурно-активированной воды при тушении пожаров . . . . .	4	72

### Ignition Limits of Airsuspention Flow of Aluminium Fractions in the Duct with Sudden Broadening

Ivanin S. V. (*Junior Research Assistant of Toliatty Military-Technical Institute*)

Yegorov A. G. (*Dr. Sc. (Eng.), Lecturer of Toliatty Military-Technical Institute*)

Starkov N. N. (*Cand. Sc. (Eng.), Chief of Research Laboratory of Toliatty Military-Technical Institute*)

Influence on ignition limits of airsuspention flow of aluminium fractions in the duct with sudden broadening is analyzed. The experimental investigations of determination of reliable ignition of air-aluminium compound have been carried out on laboratory plants.

**Key words:** airsuspention, ignition, combustion, air-aluminium compound.

### Influence of Thermalphysic Characteristics on Fire Safety of Heat-Resistant Polymers on Basis of Polysulfon

Korotkov M. M. (*Engineer of All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials*)

Izotova T. F. (*Chief Engineer of All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials*)

Zuev A. V. (*Cand. Sc. (Eng.), Chief of Laboratory of All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials*)

Barbot'ko S. L. (*Cand. Sc. (Eng.), Chief of a Sector of All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials*)

Investigation of temperature influence on variation of heat capacity of polysulfon polymers is carried out. The influence of initial thermo-destruction temperature (tested by method of differential scanning calorimetry (DSC)) on emission of heat during combustion is shown.

**Key words:** heat capacity, thermo-destruction, polymer.

### About Complex Assessment of Fire Hazard of Materials

Barbot'ko S. L. (*Cand. Sc. (Eng.), Chief of a Sector of All-Russian Scientific Research Institute of Aviation Materials*)

Golikov N. I. (*Cand. Sc. (Eng.), Chief of a Collective Use Centre of the Institute of Physical and Engineering Problems of North Regions ND of Russian Academy of Sciences*)

The approach to determination fire hazard indices of materials on the basis of experimental findings calculation for the different methods of tests and comparison of materials in therms of fire hazard index is proposed. Calculations for several materials of different classes are studied.

**Key words:** fire hazard, complex index, method of tests.

### The Method and Program of Calculation of Worm-Up Time for Steel Constructions Painted with Swelling Out Flame Retardant "Therma"

Bessonov N. M. (*Dr. Sc. (Phys.-Math.), Professor of the Institute of Problems of Mechanical Engineering of Russian Academy of Sciences*)

Eremina T. Yu. (*Dr. Sc. (Eng.), Senior Research Assistant of Academy of State Fire Service Emercom of Russia*)

Gravit M. V. (*Director of Science Department, Scientific-Innovative Center of Construction and Fire Safety*)

Dmitrieva Yu. N. (*Director of Production Department, Scientific-Innovative Centre of Construction and Fire Safety*)

The methods of calculation of fire protective layers for different dimension-types of metal constructions are worked out. Applying model make it possible to allow for influence of main thermalphysic characteristics of flame retardant on its efficiency. As a term of loss carrying capacity by construction (R) authors take up the moment of coming up the critical value of temperature ( $T_{kp} = 500^{\circ}\text{C}$ ) on external surface of profile wall.

**Key words:** swelling out flame retardant, worm-up time, dimension-types of steel constructions.

### Mathematical Modeling of Choice of the Optimal Substance of Fire-Retardants in Polyvinylchloride Plastizoles

Kuznetsov K. L. (*Adjunct of East Siberian Institute of the Ministry of Home Affairs of Russia*)

Sharpinskii D. Yu. (*Research Assistant of the Institute of System Dynamics and Theory of Management ND of Russian Academy of Sciences*)

Gusarova N. K. (*Dr. Sc. (Chem.), Professor, Chief Research Assistant of A. E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry of Russian Academy of Sciences*)

Plotnikova G. V. (*Cand. Sc. (Chem.), Lecturer of East Siberian Institute of Ministry of Home Affairs of Russia*)

By means of MATLAB ("Signal Processing Toolbox") computation system the authors choose an optimal substance of fire-retardant in polyvinylchloride plastizoles with decreasing fire hazardous characteristics at most and improving

physics-mechanical characteristics of material. This computation system can be used in production of any polymeric materials with taking into account importance of either characteristics of material.

**Key words:** fire-retardant, polyvinylchloride, combustibility, mathematical modeling.

### **Integral by Area Assessment of Fire Risk in Forest**

**Baranovskii N. V.** (*Cand. Sc. (Phys.-Math.), Senior Research Assistant of Scientific Research Institute of Applied Mathematics and Mechanics of Tomsk State University*)

New determinate-probabilistic criterion of integral assessment of fire risk in the territories covered by wood with size of area from city quarter to country is examined. The results of probability calculation of forest fire initiation in typical modeling territories are presented.

**Key words:** fire risk in forest, integral assessment, determinate-probabilistic criterion.

### **Fire Protection of Combustible Accumulation in Air Ducts of Local Suction Systems**

**Vogman L. P.** (*Dr. Sc. (Eng.), Senior Research Assistant of All-Russian Research Institute for Fire Protection Emercome of Russia*)

**Shmurnov P. V.** (*Post-Graduate Student of the Moscow State University of Civil Engineering*)

Results of experimental and calculation-analytical investigations of vapors compatibility of combustible liquids and oxidants are presented. Principles of testing are described. Calculation of chemical compatibility of substances is also presented.

**Key words:** fire-and-explosion hazard of deposits, air ducts, chemical compatibility of substances.

### **Modern Fire- and Smoke-Protective Barriers**

**Lyapin A. V.** (*Dr. Sc. (Eng.), Senior Research Assistant of the Moscow State University of Civil Engineering*)

Characteristics of modern fire-resistive constructions increasing fire safety of buildings and structures are given. Constructive features of fire-resistive gates, doors, windows, blinds and curtains are described. Fire-resistive parameters of constructions are considered. A particular attention is paid to the translucent constructions.

**Key words:** fire-resistive constructions, fire resistance, fire-resistive translucent constructions

### **Methods of Organization of Multilevel Systems of Aviation and Fire Safety on a Fly Board**

**Bochkarev A. N.** (*Lecturer of Moscow State Technical University of Civil Aviation*)

Systems, methods and facilities of detection of explosive materials and other hazardous articles on a human body or in a dress during preflight examination of passengers and personnel by method of radar scanning have been examined.

**Key words:** aviation and fire safety, explosive material, radar scanner.

### **Security Requirements for Protective Installations of Civil Defence in Case of Fire**

**Shulgin V. N.** (*Dr. Sc. (Eng.), Lecturer, Professor of Academy of State Fire Service Emercom of Russia*)

**Sednev V. A.** (*Dr. Sc. (Eng.), Head of a Chair of Academy of State Fire Service Emercom of Russia*)

Security requirements for protective installations of Civil Defence in case of fire are examined. Parameters using in conditions of regeneration of special cleaning agents that have been delivered to shelter of outside air are given. Category and grade of fire resistance of protective installations of Civil Defence are determined. Regulatory standards for diesel power plants, general fire-prevention requirements for building constructions of protective installations are examined.

**Key words:** protective installations of civil defence, fire-prevention requirements.

### **Experimental Examination of Influence of Technical Characteristics of Dry Powders on Their Fire Extinguish Capacity under the Condition of Impulse Extinguishing**

**Sabinin O. Yu.** (*Adjunct of Academy of State Fire Service Emercom of Russia*)

Results of experimental investigations researching influence of characteristics of dry powders, that have been used in impulse powder plants, on their fire extinguish capacity are presented. Requirements to characteristics of dry powders are given according to the data of laboratory experiments.

**Key words:** dry powders, impulse powder plants of fire-extinguishing.



#### **Председатель Редакционного совета:**

*д.т.н., профессор, академик МАНЭБ  
А. Я. Корольченко*

#### **Зам. председателя Редакционного совета:**

*д.т.н., профессор, член-корреспондент НАНПБ  
Ю. М. Глуховенко  
д.т.н., профессор, академик Нью-Йоркской академии наук  
В. В. Мольков  
д.т.н., профессор В. П. Назаров*

#### **Редакционный совет:**

*д.т.н., профессор, действительный член НАНПБ,  
заслуженный деятель науки РФ А. Н. Баратов  
д.т.н., профессор, академик РАЕН,  
заслуженный деятель науки РФ Н. Н. Брушлинский  
к.т.н., профессор Е. Е. Кирюханцев  
к.т.н. Д. А. Корольченко  
к.т.н. В. А. Меркулов  
д.т.н., профессор, академик РАЕН  
А. В. Мишуев  
д.т.н., профессор, действительный член НАНПБ  
В. М. Ройтман  
д.т.н., профессор,  
действительный член НАНПБ Б. Б. Серков  
д.т.н., профессор, член-корреспондент НАНПБ  
С. В. Пузач  
д.т.н., профессор, академик РАЕН, НАНПБ  
Н. Г. Топольский  
д.т.н., член-корреспондент МАНЭБ  
Н. А. Тычино  
д.т.н., профессор, действительный член НАНПБ  
Ю. Н. Шебеко  
профессор Т. Дж. Шилдс  
д.т.н., профессор, академик и почетный член РАЕН  
В. В. Холщевников*

#### **Редакция:**

*Главный редактор журнала  
д.т.н., профессор, академик МАНЭБ  
А. Я. Корольченко  
Шеф-редактор  
О. В. Коренькова  
Отдел рекламы и распространения:  
О. И. Нестерова, Л. И. Рахманова*

#### **Chairman of Editorial Council:**

*Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of International Academy  
of Ecology and Life Safety A. Ya. Korolchenko*

#### **Deputy of Chairman of Editorial Council:**

*Dr.Sc.(Eng.), Professor, Corresponding Member  
of the National Academy of Fire Science Yu. M. Gluhovenko  
Dr.Sc.(Eng.), Professor, an Active Member of the New-York Academy  
of Sciences V. V. Molkov  
Dr.Sc.(Eng.), Professor V. P. Nazarov*

#### **Editorial Council:**

*Dr.Sc.(Eng.), Professor, Full Member of National Academy  
of Fire Science, the Honoured Scientist of the Russian Federation  
A. N. Baratov  
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of the Russian Academy  
of Natural Sciences, the Honoured Scientist of the Russian  
Federation N. N. Brushlinskiy  
Cand.Sc.(Eng.), Professor E. E. Kiryuhantsev  
Cand.Sc.(Eng.) D. A. Korolchenko  
Cand.Sc.(Eng.) V. A. Merkulov  
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of the Russian Academy  
of Natural Sciences A. V. Mishuev  
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Full Member of National Academy  
V. M. Roitman  
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Full Member of National Academy  
of Fire Science B. B. Serkov  
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Corresponding Member  
of the National Academy of Fire Science S. V. Puzach  
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of the Russian Academy  
of Natural Sciences, National Academy of Fire Science  
N. G. Topolskiy  
Dr.Sc.(Eng.), Corresponding Member of International Academy  
of Ecology and Life Safety N. A. Tyichino  
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Full Member of National Academy  
of Fire Science Yu. N. Shebeko  
Professor Thomas Jim Shields  
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician and the Honoured Member  
of the Russian Academy of Natural Sciences  
V. V. Kholshchevnikov*

#### **Editorial Office:**

*Deputy Editor-in-Chief  
Dr.Sc.(Eng.), Professor, Academician of International Academy  
of Ecology and Life Safety A. Ya. Korolchenko  
Editor-in-Chief  
O. V. Korenkova  
PR and Subscription Section:  
O. I. Nesterova, L. I. Rahmanova*

### **Учредитель – ООО “Издательство “Пожнаука”**

**Тел./факс: (495) 228-09-03  
107023, г. Москва, пл. Журавлева, д. 2, стр. 2  
E-mail: firepress@gmail.com; info@firepress.ru  
http://www.firepress.ru**

ISSN 0869-7493



Подписано в печать 02.12.08.  
Формат 60×84 1/8. Тираж 10000 экз.  
Бумага офсетная №1. Печать офсетная.  
Отпечатано в типографии “ГранПри”, г. Рыбинск

## Здравствуйте, наши дорогие читатели!

**Предлагаем Вам оформить подписку на журналы “Пожаровзрывобезопасность” и “Пожарная безопасность в строительстве” на следующее полугодие или год.**

Темп изменений, происходящих в области пожарной безопасности: появление Федерального закона “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности”, введение пожарного аудита, появление на рынке новых средств пожаротушения, модульных установок тушения и других новинок, а также поступление в редакцию журнала множества просьб от читателей потребовало увеличения количества номеров журнала. Аналогичные пожелания высказывают и производители средств обеспечения пожарной безопасности.

Учитывая сказанное, в 1-м полугодии 2009 г. редакция планирует выпустить дополнительный номер журнала “Пожарная безопасность в строительстве”, в связи с чем стоимость подписки на 1-е полугодие составит 1586 руб. (в том числе НДС — 18%).



### ПЕРСОНАЛЬНАЯ ПОДПИСКА на журнал

# пожаровзрыво- БЕЗОПАСНОСТЬ

КУПОН '2009

Издание	Цена подписки на полугодие, руб., включая НДС	Количество экземпляров	Стоимость подписки, руб.
Комплект журналов “Пожаровзрывобезопасность” и “Пожарная безопасность в строительстве” 1-е полугодие	<b>1586</b>		

- Укажите в таблице количество экземпляров, которое Вам необходимо. В связи с введением обязательного составления счетов-фактур при совершении операций по реализации просим заполнить карточку на обороте купона. Эти сведения необходимы для подготовки и высылки Вам счета-фактуры.
- Заполненный купон и копию платежного поручения вышлите по тел./факсу (495) 228-09-03 или по e-mail: firepress@gmail.com в отдел распространения. Проследите, пожалуйста, чтобы были высланы **обе стороны** купона.
- Оплату за подписку Вы можете произвести по следующим реквизитам:  
ООО “Издательство “ПОЖНАУКА”  
Почтовый адрес: 107023, г. Москва, пл. Журавлева, д. 2, стр. 2  
ИНН 7722589941 КПП 772201001  
Р/с 40702810060120585901 в ОАО “ПРОМСВЯЗЬБАНК” г. Москва  
БИК 0445583119  
К/с 30101810600000000119  
Генеральный директор — *Корольченко Александр Яковлевич*

**По вопросам подписки просьба обращаться по телефону  
(495) 228-09-03 (многоканальный)**

#### ПОДПИСКА:

через агентство “РОСПЕЧАТЬ”, индекс 83340;  
через агентство “АПР”, индекс 83647  
(в любом почтовом отделении в каталоге “Газеты и журналы”);  
через подписные агентства: ООО “Вся пресса”,  
ООО “Интер-почта”, ООО “Урал-Пресс XXI”, ООО “Артос-ГАЛ”,  
ООО “Информнаука”

**Журнал “Пожаровзрывобезопасность”** издается с 1992 г. С октября 2001 г. журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендуемых ВАК России для публикации трудов соискателей ученых степеней докторов наук, в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ РАН. На страницах журнала рассматриваются теоретические вопросы и способы практического обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений, технологических процессов и оборудования, проблемы огнезащиты, моделирование пожаров и многое другое.

**Журнал “Пожарная безопасность в строительстве”** издается с декабря 2004 г. Изначально он выпускался как приложение к журналу “Пожаровзрывобезопасность”, но с течением времени зарекомендовал себя как самостоятельное научно-практическое издание, освещающее проблемы комплексной безопасности строительных объектов, включая огнестойкость материалов и конструкций, пожаро- и взрывоустойчивость зданий и сооружений, новые технологические решения в области пожарной автоматики и сигнализации, а также проблемы сертификации и стандартизации.



### Карточка учета сведений о подписчике

Полное наименование фирмы (в соответствии с учредительными документами)	
Идентификационный номер (ИНН / КПП)	
Код отрасли по ОКОНХ	
Код отрасли по ОКПО	
Полное наименование банка	
Местонахождение банка	
БИК	
Расчетный счет	
Корсчет	
Юридический адрес (в соответствии с учредительными документами)	
Телефон по юридическому адресу	
Фактический адрес	
<b>ПОЧТОВЫЙ АДРЕС</b>	
Индекс	
Область, край	
Город	
Улица	
Дом	
Телефон	
Факс	
Контактное лицо	
Телефон контактного лица	

Расширяя тематику журнала, в 2009 г. редакция планирует увеличить количество обзоров, посвященных состоянию отечественного рынка средств обеспечения пожарной безопасности.

Во 2-м полугодии 2009 г. редакция решила увеличить количество выпускаемых номеров до шести для журнала “Пожаровзрывобезопасность” и до трех для журнала “Пожарная безопасность в строительстве”. Стоимость полугодовой подписки составит 2892 руб. (в том числе НДС — 18%).



## ПЕРСОНАЛЬНАЯ ПОДПИСКА на журнал

# пожаровзрыво- БЕЗОПАСНОСТЬ

КУПОН '2009

Издание	Цена подписки на полугодие, руб., включая НДС	Количество экземпляров	Стоимость подписки, руб.
Комплект журналов “Пожаровзрывобезопасность” и “Пожарная безопасность в строительстве” 2-е полугодие	<b>2892</b>		

- Укажите в таблице количество экземпляров, которое Вам необходимо. В связи с введением обязательного составления счетов-фактур при совершении операций по реализации просим заполнить карточку на обороте купона. Эти сведения необходимы для подготовки и высылки Вам счета-фактуры.
- Заполненный купон и копию платежного поручения вышлите по тел./факсу (495) 228-09-03 или по e-mail: firepress@gmail.com в отдел распространения. Проследите, пожалуйста, чтобы были высланы **обе стороны** купона.
- Оплату за подписку Вы можете произвести по следующим реквизитам:  
ООО “Издательство “ПОЖНАУКА”  
Почтовый адрес: 107023, г. Москва, пл. Журавлева, д. 2, стр. 2  
ИНН 7722589941 КПП 772201001  
Р/с 40702810060120585901 в ОАО “ПРОМСВЯЗЬБАНК” г. Москва  
БИК 0445583119  
К/с 30101810600000000119  
Генеральный директор — *Корольченко Александр Яковлевич*

**По вопросам подписки просьба обращаться по телефону  
(495) 228-09-03 (многоканальный)**

### ПОДПИСКА:

через агентство “РОСПЕЧАТЬ”, индекс 83340;  
через агентство “АПР”, индекс 83647  
(в любом почтовом отделении в каталоге “Газеты и журналы”);  
через подписные агентства: ООО “Вся пресса”,  
ООО “Интер-почта”, ООО “Урал-Пресс XXI”, ООО “Артос-ГАЛ”,  
ООО “Информнаука”

Предлагаем Вам оформить годовую или полугодовую подписку  
на журналы “Пожаровзрывобезопасность” и “Пожарная безопасность строительстве”  
по телефону редакции: (495) 228-09-03.

**Редакция с благодарностью примет все замечания и пожелания по тематике  
журнала и содержанию публикуемого материала.**

**Надеемся на длительное и плодотворное сотрудничество!**

### Карточка учета сведений о подписчике

Полное наименование фирмы (в соответствии с учредительными документами)	
Идентификационный номер (ИНН / КПП)	
Код отрасли по ОКОНХ	
Код отрасли по ОКПО	
Полное наименование банка	
Местонахождение банка	
БИК	
Расчетный счет	
Корсчет	
Юридический адрес (в соответствии с учредительными документами)	
Телефон по юридическому адресу	
Фактический адрес	
ПОЧТОВЫЙ АДРЕС	
Индекс	
Область, край	
Город	
Улица	
Дом	
Телефон	
Факс	
Контактное лицо	
Телефон контактного лица	





**Dr. STHAMER HAMBURG**



**СОВРЕМЕННЫЕ  
ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ**

107023, г. Москва, пл. Журавлева, д. 2, стр. 2  
Тел./факс: (495) 964-05-46 E-mail: spt@pisem.net

## ПЕНООБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ



РЕКЛАМА

### **Шторм-М**

Пленкообразующий синтетический фторсодержащий пенообразователь целевого и специального назначения для получения пены низкой, средней и высокой кратности, включая метод подачи пены в резервуар под слой горючей жидкости во всех климатических районах Российской Федерации. Производится двух типов: 3 и 6%.

### **Штамекс AFFF (STHAMEX AFFF 3/6), Штамекс многоцелевой (STHAMEX-Multiform AFFF 3/6)**

Высокоэффективные пленкообразующие синтетические фторсодержащие пенообразователи целевого и специального назначения для получения пены низкой, средней и высокой кратности. Служат для тушения пожаров классов А и В. Могут использоваться для подслоного пожаротушения.

### **Штамекс F-15 (STHAMEX F-15)**

Углеродородный пенообразователь на основе синтетических ПАВ с широким спектром применения.

ISSN 0869-7493



9 770869 749006